

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2003年 3月20日
Date of Application:

願番号 特願2003-079139
Application Number:

[T. 10/C]: [JP2003-079139]

願人 株式会社リコー
Applicant(s):

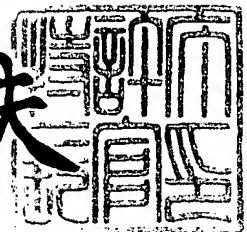
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

BEST AVAILABLE COPY

2004年 4月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0209421

【提出日】 平成15年 3月20日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G03G 15/08

【発明の名称】 トナー供給装置、現像装置及び画像形成装置

【請求項の数】 20

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

 【氏名】 宮口 耀一郎

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

 【氏名】 堀家 正紀

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

 【氏名】 近藤 信昭

【発明者】

 【住所又は居所】 横浜市青葉区もえぎ野 2 5 - 6 4

 【氏名】 酒井捷夫

【特許出願人】

 【識別番号】 000006747

 【氏名又は名称】 株式会社リコー

 【代表者】 桜井 正光

【代理人】

 【識別番号】 100098626

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 黒田 壽

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 000505

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9808923

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 トナー供給装置、現像装置及び画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面上のトナーを静電気力によって潜像担持体との対向位置である現像位置に搬送して、該潜像担持体上の潜像を現像するトナー静電搬送部材に対し、その表面にトナーを供給するトナー供給装置であって、

トナー粒子を主成分とするトナーと、該トナーの平均粒径よりも大きな平均粒径の摩擦促進粒子を主成分とする摩擦促進物質との混合物を収容するための収容部と、

該収容部内で該トナーと該摩擦促進物質とを攪拌搬送する攪拌搬送手段と、最短径箇所が該トナーの平均粒径よりも大きく且つ該摩擦促進物質の平均粒径よりも小さな複数の開口によって該収容部の内外を連通させるメッシュとを備え、該攪拌搬送手段による攪拌搬送に伴って該混合物中のトナー粒子を該メッシュの開口から排出して、上記トナー静電搬送部材に供給することを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 2】

請求項 1 のトナー供給装置であって、使用に適した上記トナーとして所定のものが指定され、上記開口の最短径箇所が、粒径分布のある該トナー中における 8 0 [%] 以上のトナー粒子を通過させ得る大きさであることを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 のトナー供給装置であって、使用に適した上記摩擦促進物質として所定のものが指定され、上記開口の最短径箇所が、粒径分布のある該摩擦促進物質中における 8 0 [%] 以上の摩擦促進粒子の通過を阻止し得る大きさであることを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 4】

請求項 1、2 又は 3 のトナー供給装置であって、上記開口が非真円形で且つ長径箇所と短径箇所とを有することを特徴とするトナ

一供給装置。

【請求項 5】

請求項 4 のトナー供給装置であって、
上記開口が、その長手方向を上記攪拌搬送手段の搬送方向に直交する方向に沿わせる姿勢で配設されていることを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 6】

請求項 1、2、3、4 又は 5 のトナー供給装置であって、
上記攪拌搬送手段が、回転軸とこの表面に螺旋状に突設せしめられた螺旋突起とを有する回転部材の回転に伴って上記混合物を回転軸線方向に搬送するものであることを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 7】

請求項 6 のトナー供給装置であって、
上記螺旋突起が複数の起毛からなるブラシであることを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 の何れかのトナー供給装置であって、
使用に適した上記摩擦促進物質として、非磁性材料からなる摩擦促進粒子を主成分とするものが指定されていることを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 の何れかのトナー供給装置であって、
使用に適した上記摩擦促進物質として、単一材料からなる摩擦促進粒子を主成分とするものが指定されていることを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 1 0】

請求項 1 乃至 8 の何れかのトナー供給装置であって、
使用に適した上記摩擦促進物質として、2 以上の材料からなる摩擦促進粒子を主成分とするものが指定されていることを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 のトナー供給装置であって、
使用に適した上記摩擦促進物質として、芯材に表面層が被覆された摩擦促進粒子

を主成分とするものが指定されていることを特徴とするトナー供給装置。

【請求項 1 2】

静電気力によって表面上でトナーを搬送するトナー静電搬送部材と、これの表面にトナーを供給するトナー供給手段とを備え、該トナー静電搬送部材によって潜像担持体との対向位置である現像位置に搬送したトナーを該潜像担持体上の潜像に付着させて該潜像を現像する現像装置において、

上記トナー供給手段として、請求項 1 乃至 1 1 の何れかのトナー供給装置を用いたことを特徴とする現像装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 の現像装置において、

上記トナー静電搬送部材の表面上で現像に寄与することなく上記対向位置を通過したトナーを、上記収容部内に戻してリサイクルさせるリサイクル手段を設けたことを特徴とする現像装置。

【請求項 1 4】

潜像を担持する潜像担持体と、トナー静電搬送部材の表面上のトナーを静電気力によって該潜像担持体との対向位置である現像位置に搬送して該潜像を現像する現像装置と、該トナー静電搬送部材の表面にトナーを供給するトナー供給手段とを備える画像形成装置において、

上記トナー供給手段として、請求項 1 乃至 1 1 の何れかのトナー供給装置を用いたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 の画像形成装置において、

上記攪拌搬送手段とは別に、上記開口からのトナーの排出を促す排出促進手段を設けたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 の画像形成装置において、

上記排出促進手段として、上記メッシュと上記トナー静電搬送部材との間に電位差を発生させる電位差発生手段を用いたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 1 7】

請求項 15 の画像形成装置において、
上記排出促進手段として、上記メッシュと上記トナー静電搬送部材との間に配設された電極部材、及び、該メッシュと該電極部材との間に電位差を発生させる電位差発生手段を有するものを用いたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 18】

請求項 15 の画像形成装置において、
上記排出促進手段として、上記メッシュを振動させる振動発生手段を用いたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 19】

請求項 14 乃至 18 の何れかの画像形成装置において、
上記トナー静電搬送部材の表面を保護層で被覆したことを特徴とする画像形成装置。

【請求項 20】

請求項 15 乃至 18 の何れかの画像形成装置であって、
少なくとも上記トナー静電搬送部材によって上記トナーを搬送しているときには、上記排出促進手段を機能させることを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、表面上のトナーを静電気力によって搬送するトナー静電搬送部材に対してトナーを供給するトナー供給装置、並びに、これを用いる現像装置及び画像形成装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、複写機、ファクシミリ、プリンタ等の画像形成装置として、特許文献 1 や特許文献 2 に記載のものが知られている。これらの画像形成装置では、現像ローラ等のトナー担持回転体の表面に担持したトナーを感光体等の潜像担持体との対向位置である現像位置に搬送して、潜像担持体上の静電潜像を現像する。かかる構成では、トナーがトナー担持回転体と表面移動する潜像担持体との間で擦れ

て何れか一方の表面に固着して、画像に悪影響を及ぼすことがあった。また、現像位置において、トナーをトナー担持回転体の表面と潜像担持体上の静電潜像との電位差によって静電移動させるのであるが、この電位差を相当に大きくしなければならなかった。静電移動の開始に先立って、ファンデルワールス力や鏡像力等によるトナーとトナー担持回転体との付着力に打ち勝つだけの力をトナーに付与して付着状態を解く必要があり、そのために大きな静電気力を必要とするからである。

【0 0 0 3】

一方、トナー担持回転体を用いずにトナー像を現像する画像形成装置としては、特許文献 3 に記載のものが知られている。この画像形成装置の現像装置は、複数の電極が所定ピッチで配設されたトナー静電搬送基板の表面上で E T H (E l e c t r o s t a t i c T r a n s p o r t & H o p p i n g) 現象を生じせしめて、トナーを現像位置まで搬送する。この E T H 現象とは、粉体に作用する移相電界のエネルギーが機械的なエネルギーに変換されて、粉体自身が動的に変動する現象をいう。この E T H 現象は、粉体が静電搬送基板面上で移相電界によって進行方向の成分を持って飛び跳ねて、基板面方向の移動（搬送）と、基板面に垂直な方向の移動（ホッピング）とを行う現象である。静電搬送基板上でトナーをホッピングさせてその付着力を無くしながら現像位置に搬送することで、トナー担持回転体を用いた構成では実現が望めなかったほどの低電位現像を実現することができる。例えば、周囲の非画像部との電位差が僅か数十 [V] である静電潜像にトナーを選択的に付着させることも可能である。

【0 0 0 4】

【特許文献 1】

特開平 9 - 1 9 7 7 8 1 号公報

【特許文献 2】

特開平 9 - 3 2 9 9 4 7 号公報

【特許文献 3】

特開 2 0 0 2 - 3 4 1 6 5 6 号公報

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、この画像形成装置の現像装置は、十分に帯電したトナーをトナー静電搬送基板に供給することができずに、トナーの帯電不良による悪影響を引き起こすおそれがあった。具体的には、トナーを、トナーホッパ部内のアジテータの回転によって摩擦したり、トナーホッパ部から帯電ローラ表面に汲み上げて規制ブレードで摩擦したりして、帯電させているのであるが、この程度の摩擦では不十分な場合がある。

【0 0 0 6】

かかるトナーの帯電不良を抑える方法として、トナーをコロナ放電によって帯電させることが考えられる。しかしながら、コロナ放電に伴う衝撃によって多量のトナーを飛散させるおそれがある。また、コロナ放電はオゾンの発生を伴うので、環境に好ましくない。

【0 0 0 7】

本発明は、以上の背景に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、次のようなトナー供給装置、並びに、これを用いる現像装置及び画像形成装置を提供することである。即ち、E T H現象による低電位現像を実現しつつ、コロナ放電によるトナー飛散やオゾンを生ずることなく、トナーの帯電不良による悪影響を抑えることができるトナー供給装置等である。

【0 0 0 8】**【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成するために、請求項 1 の発明は、表面上のトナーを静電気力によって潜像担持体との対向位置である現像位置に搬送して、該潜像担持体上の潜像を現像するトナー静電搬送部材に対し、その表面にトナーを供給するトナー供給装置であって、トナー粒子を主成分とするトナーと、該トナーの平均粒径よりも大きな平均粒径の摩擦促進粒子を主成分とする摩擦促進物質との混合物を収容するための収容部と、該収容部内で該トナーと該摩擦促進物質とを攪拌搬送する攪拌搬送手段と、最短径箇所が該トナーの平均粒径よりも大きく且つ該摩擦促進物質の平均粒径よりも小さな複数の開口によって該収容部の内外を連通させるメッシュとを備え、該攪拌搬送手段による攪拌搬送に伴って該混合物中のトナー粒

子を該メッシュの開口から排出して、上記トナー静電搬送部材に供給することを特徴とするものである。

また、請求項2の発明は、請求項1のトナー供給装置であって、使用に適した上記トナーとして所定のものが指定され、上記開口の最短径箇所が、粒径分布のある該トナー中における80 [%] 以上のトナー粒子を通過させ得る大きさであることを特徴とするものである。

また、請求項3の発明は、請求項1又は2のトナー供給装置であって、使用に適した上記摩擦促進物質として所定のものが指定され、上記開口の最短径箇所が、粒径分布のある該摩擦促進物質中における80 [%] 以上の摩擦促進粒子の通過を阻止し得る大きさであることを特徴とするトナー供給装置。

また、請求項4の発明は、請求項1、2又は3のトナー供給装置であって、上記開口が非真円形で且つ長径箇所と短径箇所とを有することを特徴とするものである。

また、請求項5の発明は、請求項4のトナー供給装置であって、上記開口が、その長手方向を上記攪拌搬送手段の搬送方向に直交する方向に沿わせる姿勢で配設されていることを特徴とするものである。

また、請求項6の発明は、請求項1、2、3、4又は5のトナー供給装置であって、上記攪拌搬送手段が、回転軸とこの表面に螺旋状に突設せしめられた螺旋突起とを有する回転部材の回転に伴って上記混合物を回転軸線方向に搬送するものであることを特徴とするものである。

また、請求項7の発明は、請求項6のトナー供給装置であって、上記螺旋突起が複数の起毛からなるブラシであることを特徴とするものである。

また、請求項8の発明は、請求項1乃至7の何れかのトナー供給装置であって、使用に適した上記摩擦促進物質として、非磁性材料からなる摩擦促進粒子を主成分とするものが指定されていることを特徴とするものである。

また、請求項9の発明は、請求項1乃至8の何れかのトナー供給装置であって、使用に適した上記摩擦促進物質として、単一材料からなる摩擦促進粒子を主成分とするものが指定されていることを特徴とするものである。

また、請求項10の発明は、請求項1乃至8の何れかのトナー供給装置であって

て、使用に適した上記摩擦促進物質として、2以上の材料からなる摩擦促進粒子を主成分とするものが指定されていることを特徴とするものである。

また、請求項11の発明は、請求項10のトナー供給装置であって、使用に適した上記摩擦促進物質として、芯材に表面層が被覆された摩擦促進粒子を主成分とするものが指定されていることを特徴とするものである。

また、請求項12の発明は、静電気力によって表面上でトナーを搬送するトナー静電搬送部材と、これの表面にトナーを供給するトナー供給手段とを備え、該トナー静電搬送部材によって潜像担持体との対向位置である現像位置に搬送したトナーを該潜像担持体上の潜像に付着させて該潜像を現像する現像装置において、上記トナー供給手段として、請求項1乃至11の何れかのトナー供給装置を用いたことを特徴とするものである。

また、請求項13の発明は、請求項12の現像装置において、上記トナー静電搬送部材の表面上で現像に寄与することなく上記対向位置を通過したトナーを、上記収容部内に戻してリサイクルさせるリサイクル手段を設けたことを特徴とするものである。

また、請求項14の発明は、潜像を担持する潜像担持体と、トナー静電搬送部材の表面上のトナーを静電気力によって該潜像担持体との対向位置である現像位置に搬送して該潜像を現像する現像装置と、該トナー静電搬送部材の表面にトナーを供給するトナー供給手段とを備える画像形成装置において、上記トナー供給手段として、請求項1乃至11の何れかのトナー供給装置を用いたことを特徴とするものである。

また、請求項15の発明は、請求項14の画像形成装置において、上記攪拌搬送手段とは別に、上記開口からのトナーの排出を促す排出促進手段を設けたことを特徴とするものである。

また、請求項16の発明は、請求項15の画像形成装置において、上記排出促進手段として、上記メッシュと上記トナー静電搬送部材との間に電位差を発生させる電位差発生手段を用いたことを特徴とするものである。

また、請求項17の発明は、請求項15の画像形成装置において、上記排出促進手段として、上記メッシュと上記トナー静電搬送部材との間に配設された電極

部材、及び、該メッシュと該電極部材との間に電位差を発生させる電位差発生手段を有するものを用いたことを特徴とするものである。

また、請求項 18 の発明は、請求項 15 の画像形成装置において、上記排出促進手段として、上記メッシュを振動させる振動発生手段を用いたことを特徴とするものである。

また、請求項 19 の発明は、請求項 14 乃至 18 の何れかの画像形成装置において、上記トナー静電搬送部材の表面を保護層で被覆したことを特徴とするものである。

また、請求項 20 の発明は、請求項 15 乃至 18 の何れかの画像形成装置であって、少なくとも上記トナー静電搬送部材によって上記トナーを搬送しているときには、上記排出促進手段を機能させることを特徴とするものである。

【0009】

これらの発明においては、トナー静電搬送部材の表面上で E T H 現象を生じせしめてトナーを現像位置に搬送することで、E T H 現象による低電位現像を実現することができる。

また、トナー供給装置の収容部内で、トナーをそれ単独ではなく、摩擦促進物質と混合した混合物の状態で攪拌搬送することで、コロナ放電を用いることなくトナーを確実に摩擦帯電せしめる。そして、十分に帯電したトナーをメッシュの篩い機能によって混合物から分離してトナー静電搬送部材に供給することで、コロナ放電によるトナー飛散やオゾンを生ずることなく、トナーの帯電不良による悪影響を抑えることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を画像形成装置である複写機に適用した一実施形態について説明する。なお、本明細書において、E T H 現象におけるトナーの振る舞いを区別して表現すべく、静電搬送基板上における基板面方向への移動については、「搬送」、「搬送速度」、「搬送方向」、「搬送距離」と表現する。また、基板面に垂直な方向への移動については、「ホッピング」、「ホッピング速度」、「ホッピング方向」、「ホッピング高さ（距離）」と表現する。また、搬送とホッピング

とを「移送」と総称する。但し、静電搬送基板（部材）という用語に含まれる「搬送」は「移送」と同義とする。

【0011】

図1は、本複写機のトナー静電搬送部材たる静電搬送基板1と、これを駆動する駆動回路2と、潜像担持体たるドラム状の感光体10とを示す概略構成図である。静電搬送基板1は、トナーTを搬送したり、ホッピングさせたりする電界を発生するための複数の電極102を有している。これら電極102に対しては駆動回路2から所定の電界を発生させるためのn相（ここでは3相とする。）の異なる駆動波形V a 1～V c 1及びV a 2～V c 2が印加される。

【0012】

静電搬送基板1は、駆動波形V a 1～V c 1や駆動波形V a 2～V c 2を与える電極102の範囲と、感光体10との関係により、搬送領域11と、現像領域12と、回収領域13とに分けられる。搬送領域11は、トナーTを感光体10近傍まで移送する領域である。また、現像領域12は、感光体10の静電潜像をトナーTの付着によってトナー像に現像するための領域である。また、回収領域13は、現像に寄与しなかったトナーが現像領域12を通過して回収されるための領域である。

【0013】

上記搬送領域11では、トナーTが感光体10に対向する現像領域12に向けて移送される。現像領域12では、トナーTを感光体10の静電潜像に向けて引き寄せる一方で、感光体10の非画像部から遠ざける方向の電界が形成される。また、回収領域13では、トナーTを静電潜像、非画像部の何れに対しても感光体10から遠ざける方向の電界が形成される。よって、現像領域12において感光体10上の静電潜像にトナーTが付着してトナー像が得られる。また、現像に寄与しなかったトナーTが感光体10の回転方向（移動方向）下流側の回収領域13で静電搬送基板1上に回収される。この回収により、飛散トナーの発生が抑えられる。

【0014】

図2は、静電搬送基板1を示す平面説明図である。この静電搬送基板1は、ベ

ース電極101を有している。このベース電極101上には、トナー搬送方向と直交する方向に延在する3本の電極102a、102b、102c（これらを「電極102」ともいう）からなる電極組が、トナー搬送方向に所定ピッチで並ぶように複数配設されている。これら電極組の上には、無機又は有機の絶縁性材料からなる保護層103が被覆されており、これによってトナー搬送面が形成されている。保護層103のより具体的な材料としては、 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 SiON 、 Si_3N_4 など、吸湿性や表面摩擦係数の小さなものが挙げられる。かかる材料からなる保護膜103を設けることにより、移送用静電搬送基板442へのトナー固着を抑えることができる。

【0015】

これら電極組の両側には、電極102a、102b、102cとそれぞれ両端部で相互接続した共通電極105a、105b、105c（これらを「共通電極105」ともいう）がトナー搬送方向に沿うように設けられている。共通電極105の幅（トナー搬送方向と直交する方向の長さ）は、電極102の幅（短手方向の長さ）よりも大きくなっている。なお、図2では、共通電極105について、搬送領域11にあるものを符号105a1、105b1、105c1で、現像領域12にあるものを符号105a2、105b2、105c2で、回収領域13にあるものを符号105a3、105b3、105c3で、それぞれ表している。

【0016】

電極102a、102b、102cと、共通電極105a、105b、105cとは、次のようにして相互接続される。即ち、ベース基板101上に共通電極105a、105b、105cのパターンを形成した後、層間絶縁膜107（表面保護層103と同じ材料でも異なる材料のいずれでも良い）を形成する。そして、この層間絶縁膜107にコンタクトホール108を形成した後、電極102a、102b、102cを形成することによって相互接続する。なお、次のようにして、電極を三層構造にしたり、一体形成による相互接続とコンタクトホールによる相互接続とを混在させたりすることもできる。即ち、電極102aと共通電極105aを一体形成したパターン上に層間絶縁膜107を形成した後、これ

の上に電極 102b と共通電極 105b とを一体形成したパターンを形成する。そして、層間絶縁膜 107 を形成して、これの上に電極 102c と共通電極 105c を一体形成したパターンを形成するのである。

【0017】

これら共通電極 105a、105b、105c には、駆動回路 (2) からの駆動信号 (駆動波形) V_a 、 V_b 、 V_c を入力するための図示しない駆動信号印加用入力端子が設けられている。この駆動信号入力用端子は、ベース基板 101 に裏面側に設け、スルーホールを介して共通電極 105 に接続してもよいし、あるいは層間絶縁膜 107 上に設けてもよい。

【0018】

ベース基板 11 は、例えば、ガラス基板、樹脂、セラミックス等の絶縁性材料、或いは、SUS などの導電性材料からなる基層に、 SiO_2 等の絶縁膜が被覆されたものである。基層については、ポリイミドフィルムなどの変形自在な材料からなるものを用いてもよい。

【0019】

電極 102 は、ベース基板 11 上に $0.1 \sim 0.2 [\mu m]$ の厚みで被覆された Al、Ni-Cr 等の導電性材料が、フォトリソグラフィー法等によって所定の形状でパターン化されたものである。これら複数の電極 102 のトナー搬送方向における幅は、トナーの平均粒径の 1 倍以上 20 倍以下に調整されている。また、トナー搬送方向における電極 102 間距離も、トナーの平均粒径の 1 倍以上 20 倍以下に調整されている。

【0020】

上記保護層 103 は、 SiO_2 、 TiO_2 、 TiO_4 、 $SiON$ 、BN、 TiN 、 Ta_2O_5 などが厚さ $0.5 \sim 3 [\mu m]$ で成膜されたものである。 SiN 、 Bn 、W などの無機ナイトライド化合物からなるものでもよい。表面水酸基が増えるとトナーの帯電量が搬送途中で下がる傾向にあるので、表面水酸基 ($SiOH$ 、シラトール基) の少ない無機ナイトライド化合物を用いるのは有効である。

【0021】

かかる構成の静電静電搬送基板 1 の電極 102 に対して、駆動回路 2 から n 相の駆動波形を印加すると、複数の電極 102 間で移相電界（進行波電界）が発生する。これにより、静電静電搬送基板 1 上の帯電済みのトナーが反発力や吸引力を受けてホッピングしながら搬送方向に進んでいく。例えば、静電搬送基板 1 の複数の電極 102 に対して図 7 に示すようにグランド G （0 V）と正（+）電圧との間で変化する 3 相のパルス状駆動波形（駆動信号）A（A 相）、B（B 相）、C（C 相）をタイミングをずらして印加する。このとき、図 8 に示すように、静電搬送基板 1 上に負（-）帯電性のトナー T があり、静電搬送基板 1 の連続した複数の電極 102 に①で示すように「 G 」、「 G 」、「+」、「 G 」、「 G 」が印加されたとする。すると、トナー T は「+」の電極 102 上に移動する。次に、複数の電極 102 に②で示すように「+」、「 G 」、「 G 」、「+」、「 G 」が印加されると、トナー T には図中左側の「 G 」の電極 102 との間で反発力が作用する。これとともに、図中右側の「+」の電極 102 との間で吸引力も作用する。この結果、トナー T は「+」の電極 102 上に移動する。更に、複数の電極 102 に③で示すように「 G 」、「+」、「 G 」、「 G 」、「+」が印加されると、トナー T には同様に反発力と吸引力が作用して、トナー T が更に「+」の電極 102 上に移動する。

【0022】

このように複数の電極 102 に電圧の変化する複相の駆動波形を印加することで、静電静電搬送基板 1 上には進行波電界が発生し、トナーがホッピングしながらこの進行波電界の進行方向に搬送される。なお、正（+）帯電性のトナーを用いる場合には、駆動波形の変化パターンを逆にすることで同様の搬送を実現することができる。

【0023】

図 9 を用いてこの搬送を具体的に説明すると、同図（a）に示すように、トナー T を載せている静電搬送基板 1 の電極 A～F が何れも 0 V（ G ）である状態から、同図（b）に示すように電極 A、D に「+」が印加されたとする。すると、トナー T は電極 A 及び電極 D に引かれてこれらの上に移る。次いで、同図（c）に示すように、電極 A、D が何れも 0 V になり、且つ電極 B、E に「+」が印加

されたとする。すると、電極A、D上のトナーTは反発力を受けるとともに、電極B、Eの吸引力を受けて、電極B及び電極E上に移送される。更に、同図(d)に示すように、電極B、Eが何れも「0」になり、且つ電極C、Fに「+」が印加されると、電極B、E上のトナーTが反発力を受けるとともに、電極C、Fの吸引力を受けて、電極C及び電極F上に移送される。このようにトナーを順次移送し得る進行波電界が生起せしめられることで、トナーTが図中左から右に向けて移送される。

【0024】

図10は、上記駆動回路2の一例を示すブロック図である。駆動回路2は、パルス信号発生回路21と、波形増幅器22a、22b、22cと、波形増幅器23a、23b、23cとを備えている。波形増幅器22a、22b、22cは、パルス信号発生回路21から出力されるパルス信号に基づいて駆動波形Va1、Vb1、Vc1を生成出力する。また、波形増幅器23a、23b、23cは、パルス信号発生回路21からのパルス信号に基づいて駆動波形Va2、Vb2、Vc2を生成出力する。

【0025】

上記パルス信号発生回路21は、例えばロジックレベルの入力パルスを受けて、互いに位相を120[°]シフトさせた2組みパルスで、次段の波形増幅器22a~22c、23a~23cに含まれるスイッチング手段を駆動する。そして、100Vのスイッチングを行うことができるレベルの出力電圧10~15Vのパルス信号を生成して出力する。

【0026】

波形増幅器22a、22b、22cは、上記搬送領域(11)や回収領域(13)の各電極102に対して、駆動波形を出力する。この駆動波形は、例えば図11に示すように、駆動各相の+100Vの印加時間taを繰り返し周期tfの1/3である約33%に設定した3相の波形Va1、Vb1、Vc1である。以下、この3相の駆動波形を搬送電圧パターン又は回収搬送電圧パターンともいう。

【0027】

一方、波形増幅器 23a、23b、23c は、現像領域 11 の各電極 102 に対して、3 相の駆動波形 V_{a2} 、 V_{b2} 、 V_{c2} を出力する。この駆動波形は、例えば図 12 や図 13 に示すように、各相の +100V 又は 0V の印加時間 t_a を繰り返し周期 t_f の $2/3$ である約 67% に設定した 3 相の波形である。以下、この 3 相の駆動波形をホッピング電圧パターンともいう。

【0028】

上述の E T H 現象は、トナーの静電移動によるものであるが、従来の静電移動を用いた現像装置のように、静電移動に伴って自然発生的に生じるトナーのスモーク化、クラウド化を利用するのではない。トナーを積極的に感光体 10 に向けてホッピングさせるのである。このホッピングは、従来の静電搬送基板を用いただけでは発生せず、電極幅、電極間隔と駆動波形との関係が適切に設定されることで発生する。

【0029】

本発明者らは、E T H 現象によるトナー静電搬送の実験結果を反映させた二次元差分法により、コンピューターによって E T H 現象のシミュレーションを行った。このときのシミュレーション環境を、図 14 に示す。なお、このシミュレーションでは、便宜上、重力の方向を上向きとしている。静電搬送基板 1 において、電極面の反対側には電性基板 104 を設けてこれを常時接地している。静電搬送基板 1 の電極面には、所定の間隔を介して O P C 層 15 を対向させ、これの非対向面には導電性基板 16 を設けて常時接地している。また、O P C 層 15 の対向面には静電潜像 17 を担持させている。更に、負帯電性のトナー T を用いた反転現像方式（電荷のない部分にトナーを付着させる現像方式）を実現すべく、静電潜像 17 の画像部には電荷をのせず、非画像部（地肌部）に電荷をのせている。

【0030】

静電搬送基板 1 の電極 102 と O P C 層 15 との間隔は $200\mu\text{m}$ とし、トナー T の平均粒径は $8\mu\text{m}$ 、平均帯電量 Q/m は $-20\mu\text{C/g}$ 、O P C 層 15 上の電荷密度は、 $-3.0 \times 10^{-4} [\text{C/m}^2]$ である（O P C 層が全面がこの電荷密度で帯電された時その表面電位は -169V になる。）。トナー T は 140 個

を2層にシミュレーション幅 $700\ \mu\text{m}$ に均一に並べた。

【0031】

上述の条件うちで、OPC層15の帯電電荷密度を「ゼロ」とした場合に、静電搬送基板1上に並んだ隣り合う3本の電極A、B、Cに、それぞれ $+100\text{V}/0\text{V}/+100\text{V}$ を印加したときの、電極B近傍の電界ベクトルは図15に示すようになる。なお、同図において、電極C近傍の電界は、電極Bを挟んで電極Aと対称なので省略している。また、トナーも省略している。両電極102、102の下側が、OPC層15に向かう空間である（OPC層15は図示していない。）。また、図示できないが、左側の電極Aの近傍の電位は $+100\text{V}$ に近く、右側の電極Bの近傍の電位は 0V に近く、両電極A、Bより離れた空間の電位は $+50\text{V}$ 前後である。更に、同図中、矢印はその場所の電界ベクトルを示し、その向きが電界の向きであり、その長さが電界の強さを示している。

【0032】

同図から分かるように、 $+100\text{V}$ が印加された電極Bのセンターからその下方（実際は上方）の空間にかけては、電界ベクトルが垂直に上を向いている。この結果、この時、電極Bのセンターにいた負帯電性のトナーには、まっすぐ下向き（実際は上向き）の静電力が働き、下向きに（実際は上向き）に加速される。そして、静電搬送基板1を離れた後も、電界ベクトルの向きに従ってまっすぐ下降（実際は上昇）させられることが分かる。

【0033】

図16は、電極A、Cに印加する電圧を 50V 、 100V 、 150V にしたときの電極Bのセンターから真下（真上）の空間における垂直（Y）方向電界の一例を示している。同図に示すように、電極Bより約 $50\ \mu\text{m}$ 下降（上昇）すると、電界ベクトルの大きさはほとんどゼロになるので、ここまで加速されてきたトナーは、この付近では空気の粘性抵抗で減速される。そして、その先では、電界の向きが反転するので、逆向きの静電力を受けて下（上）向きの速度を失うことが予想される。

【0034】

直径 $8\ \mu\text{m}$ 、比帯電量 $Q/m = -20\ \mu\text{C/g}$ のトナーを電極Bのセンターに

置き、電極 A, C に印加する電圧を 50 V, 100 V, 150 V にしたときの、トナーの Y 方向位置と Y 方向速度とのシミュレーション結果を $10\ \mu\text{sec}$ ごとに $160\ \mu\text{sec}$ まで図 17 に示している。なお、これは、電極幅 $30\ \mu\text{m}$ 、電極間隔 $30\ \mu\text{m}$ とした電極構成である。同図からわかるように、電極 B の両隣りの電極 A, C に +100 V が印加された場合、電極 B のセンターに置かれたトナーは、50～60 μsec 後に、電極 B の上方 40～50 μm に達し、その時点で上昇速度が $1\text{m}/\text{sec}$ になる。そして、その後は、徐々に減速されながらも、更に上昇を続けている。

【0035】

このように、電極上にトナーをまっすぐ打ち上げる条件は、上記のシミュレーション結果から、次の通りであると言える。即ち、負帯電性のトナーの場合には、0 V になった電極の両側の電極の電位が等しく、0 V より高く、且つ、その 0 V の電極上にトナーが存在することである。なお、正帯電性のトナーの場合には、0 V になった電極の両側の電極の電位が等しく、0 V より低く（例えば -100 V）高く、且つ、その 0 V の電極上にトナーが存在することである。

【0036】

この条件を最も充足する駆動波形パターンは、図 12 又は図 13 に示したように各相の +100 V 又は 0 V の印加時間 t_a を繰り返し周期 t_f の $2/3$ である約 67% に設定したホッピング電圧パターンである。そこで、本複写機では、このホッピング電圧パターンを有する駆動波形 V_{a2} 、 V_{b2} 、 V_{c2} を現像領域 12 に対応する静電搬送基板 1 の各電極 102 に対して印加するようにしている。

【0037】

これに対して、トナーの搬送を行うための駆動波形パターンとしては、図 11 に示したパターンが最も適している。即ち、駆動波形 V_a (A 相)、 V_b (B 相)、 V_c (C 相) を印加する場合、各相の +100 V の印加時間 t_a を繰り返し周期 t_f の $1/3$ である約 33% に設定した搬送電圧パターンである。そこで、本複写機では、この搬送電圧パターンを有する駆動波形 V_{a1} 、 V_{b1} 、 V_{c1} を搬送領域 11 に対応する静電搬送基板 1 の各電極 102 に対して印加するよう

にしている。

【0038】

かかる搬送電圧パターンでは、B相電極に注目すると、B相電極の印加電圧が0Vになった時間においては、A相電極の印加電圧は0V、C相電極の印加電圧は+電圧であり、トナーの進行方向はA→Cである。よって、B相電極上のトナーはA相電極との間では反発され、C相電極との間では吸引される方向の電界を受けることになり、搬送効率が高くなり、特に高速搬送を行うことができる。なお、ホッピング電圧パターンの駆動波形を印加した場合でも、0V電極のセンターに位置したトナー以外は、横方向への力も受けるため、すべてのトナーがいつせいに高く打ち上げられるというものではない。水平方向に移動するトナーもあり、逆に、搬送電圧パターンの駆動波形を印加した場合でも、トナーの位置によっては、大きな角度で斜めに打ち上げられて水平に移動するよりも上昇距離の方が大きいものがある。従って、搬送領域11の各電極102に印加する駆動波形パターンは図11に示した搬送電圧パターンに限られるものではない。また、現像領域12の各電極102に印加する駆動波形パターンも図12又は図13に示したホッピング電圧パターンに限られるものではない。一般的には、各電極に対してn相（nは3以上の整数）のパルス状電圧（駆動波形）を印加して進行波電界を発生させる場合、次のようにしてホッピングや搬送の効率を向上させることができる。即ち、1相あたりの電圧印加時間が $\{\text{繰り返し周期時間} \times (n-1) / n\}$ 未満となる電圧印加デューティとするのである。例えば、3相の駆動波形を用いる場合には、各相の電圧印加時間 t_a を繰り返し周期時間 t_f の $2/3$ である約67%未満に設定すればよい。また例えば、4相の駆動波形を用いる場合には、各相の電圧印加時間を繰り返し周期時間の $3/4$ である75%未満に設定すればよい。

【0039】

一方、電圧印加デューティは $\{\text{繰り返し周期時間} / n\}$ 以上に設定することが好ましい。例えば、3相の駆動波形を用いる場合には、各相の電圧印加時間 t_a を繰り返し周期時間 t_f の $1/3$ である約33%以上に設定することが好ましい。即ち、電極に印加する電圧と進行方向上流側隣接電極及び下流側隣接電極に

印加する各電圧との間には、上流側隣接電極が反発、下流側隣接電極が吸引という時間を設定することによって、効率を向上させることができる。特に、駆動周波数が高い場合は、 $\{\text{繰り返し周期時間} / n\}$ 以上で $\{\text{繰り返し周期時間} \times (n - 1) / n\}$ 未満の範囲内に設定することにより、注目電極上のトナーに対する初期速度が得られ易くなる。

【0 0 4 0】

次に、OPC層 1 5 上に反転現像用の電荷パターンを乗せ、図 1 3 に示したホッピング電圧パターンの駆動波形 $V a 2$ 、 $V b 2$ 、 $V c 2$ を各電極 1 0 2 に印加したときのトナー T の挙動の一例について説明する。なお、図 1 8 に示すように、OPC層 1 5 上の潜像 1 7 は、反転現像用の電荷がない部分を画像部 1 7 a とし、電荷がある部分を非画像部（又は「地肌部」という。）1 7 b とする。また、反転現像は電荷のない部分（ここでは、負電荷のない部分）が画像部となるので、同図の非画像部（地肌部 1 7 b）の外側にも負電荷は存在しているが図示を省略されているだけである（以下の図においても同様である。）。また、OPC層 1 5 表面の電位は約 -150 V 、潜像部 1 7 の内の画像部 1 7 a の部分での表面の電位は約 0 V である。また、電極 1 0 2 に印加するホッピング電圧パターンの電圧値も図 1 3 に示すように「 -100 V 」と「 0 V 」にしている。

【0 0 4 1】

図 1 8 において、現像開始 $0\ \mu\text{sec}$ 後にはトナーは静電搬送基板 1 上に位置している。この状態から、ホッピング電圧パターンを印加した時に状態を図 1 9 以降に示している。電圧パターンの印加開始から $100\ \mu\text{sec}$ 経過した時点でのトナーの分布である。同図の分布を図 1 8 と比較すると、 -100 V の電極（B 相電極）1 0 2 上にいたトナーが上方に（図では下方に）または、斜め左右に飛び出したことが分かる。

【0 0 4 2】

図 2 0 は $200\ \mu\text{sec}$ 経過後のトナー分布を示している。同図からは、OPC層 1 5 上の潜像 1 7 のうちの電荷のない、電位が 0 V の画像部 1 7 a にトナーが付着し、反転現像が始まっていることが分かる。一方、電荷があり、電位が約 -150 V の地肌部 1 7 b ではトナーが OPC層 1 5 に到達していないことが分

かる。また、図 19 と比較すると、 -100 V の電極の位置が一つ隣に移動して、そこから、新たにトナーが打ち上げられつつあることも分かる。

【0043】

図 21 は $300\text{ }\mu\text{ sec}$ 経過後のトナー分布を示している。同図からは、OPC 層 15 上の潜像 17 のうちの電荷のない、電位が 0 V の画像部 17a に付着するトナーの数が、図 20 より増えて現像が進んでいることが分かる。一方、地肌部 17b では、最初に打ち上げられたトナーが、OPC 層 15 と静電搬送基板 1 間に形成されている逆電界で静電搬送基板 1 側に戻りつつあることが分かる。

【0044】

図 22 は $500\text{ }\mu\text{ sec}$ 経過後のトナー分布を示している。同図からは、現像が更に進んでいるが地肌部 17b に付着するトナーはまったくないことが分かる。

【0045】

図 23 は $1000\text{ }\mu\text{ sec}$ 経過後のトナー分布を示している。同図と図 23 とを比較すると、現像が更に進んでいるが、その違いは小さいことが分かる。

【0046】

図 24 は $1500\text{ }\mu\text{ sec}$ 経過後のトナー分布を示している。同図と図 23 とを比較すると、画像部 17a に付着しているトナーの数は同じで、この間では現像が進まなかったこと、即ち、現像は開始 1 msec 後ではほぼ飽和したことが分かる。

【0047】

図 25 は $20000\text{ }\mu\text{ sec}$ 経過後のトナー分布を示している。同図と図 24 とを比較すると、この間ではまったく現像が進んでいないことが分かる。

【0048】

以上の説明のように E T H 現像ではトナーをホッピングさせることによつ感光体上の静電潜像を反転現像することができる。即ち、現像領域で、トナーが潜像の画像部に対しては潜像担持体側に向かい、非画像部に対してはトナーが潜像担持体と反対側に向かう方向の電界を形成する手段を備えることによって現像を行うことができる。

【0049】

例えば、前述した図13に示すホッピング電圧パターンの駆動波形のように、 $0 \sim -100\text{V}$ で遷移するパルス状電圧波形である場合、潜像担持体上の非画像部電位が -100V より低いときには、画像部に対してはトナーが潜像担持体側に向かい、非画像部に対してはトナーが潜像担持体と反対側に向かうことになる。この場合、潜像の非画像部の電位を -150V や後述する -170V とした場合に、トナーが潜像担持体側に向かうことが確認された。また、ホッピング電圧パターンの駆動波形が $20\text{V} \sim -80\text{V}$ で遷移するパルス状電圧波形である場合、画像部の電位を約 0V 、非画像部の電位が -110V のときにも、パルス状駆動波形のローレベルの電位が潜像の画像部電位と非画像部電位との間にあるので、同様に、画像部に対してはトナーが潜像担持体側に向かい、非画像部に対してはトナーが潜像担持体と反対側に向かうことになる。要するに、パルス状駆動波形のローレベルの電位を潜像の画像部の電位と非画像部の電位との間の電位に設定することで、非画像部へのトナーの付着を防止し、高品質の現像を行うことができる。

【0050】

このように、ETH現像においては、トナーがホッピングしていることにより潜像の画像部に対してトナーが吸引付着し、非画像部ではトナーが反発されて付着されないので、トナーによる潜像の現像を行うことができる。このとき、既にホッピングしているトナーは静電搬送基板1との間で吸着力が生じないため、容易に潜像担持体側に移送することができ、高い画像品質が得られる現像を低電圧で行うことができるようになる。

【0051】

従来の所謂ジャンピング現像方式にあっては、現像ローラから帯電トナーを剥離させて感光体に移送させるには、トナーの現像ローラに対する付着力以上の印加電圧が必要であり、DC $600 \sim 900\text{V}$ のバイアス電圧をかけなければならない。これに対して、本複写機では、トナーの付着力は通常 $50 \sim 200\text{nN}$ であるが、静電搬送基板1上でホッピングしているために静電搬送基板1に対する付着力が略零になる。よって、トナーを静電搬送基板1から剥離する力が不要に

なり、低電圧で十分にトナーを潜像担持体側に移送することが可能になるのである。しかも、電極 102、102 間に印加する電圧が $150 \sim 100$ V 以下の低電圧であっても発生する電界が非常に大きい値となり、電極 102 表面に付着しているトナーを容易に剥離し、飛翔、ホッピングさせることが可能になる。また、OPC 等の感光体を帯電する時に発生するオゾン、 NO_x が非常に少なく、又は皆無にすることができて、環境問題、感光体の耐久性に非常に有利となる。従って、従来方式の現像ローラ表面、またはキャリア表面に付着しているトナーを剥離するために現像ローラと感光体の間に印加していた 500 V ～ 数 KV の高電圧バイアスを必要とすることがない。このため、感光体の帯電電位を非常に低い値として、潜像を形成して現像することが可能になる。

【0052】

例えば、OPC 感光体を使用し、その表面の CTL (Charge Transport Layer) の厚さが $15 \mu\text{m}$ 、その比誘電率 ϵ が 3、帯電したトナーの電荷密度が $-3 \times 10^{-4} \text{ C/m}^2$ の場合、OPC 表面電位は約 -170 V となる。この場合、搬送基板の電極への印加電圧として、 $0 \sim -100$ V、デューティ 50% のパルス状駆動電圧を印加すると、平均で -50 V となり、トナーが負帯電であれば搬送基板の電極と OPC 感光体との間の電界は前述した関係になる。このとき、搬送基板と OPC 感光体とのギャップ (間隔) が $0.2 \sim 0.3 \text{ mm}$ であれば十分に現像が可能となる。トナーの Q/M 、搬送基板の電極への印加電圧、印刷速度即ち感光体の回転速度によっても異なる。負帯電性のトナーの場合、少なくとも感光体を帯電する電位は -300 V 以下、または現像効率を優先した構成の場合は -100 V 以下でも十分に現像を行うことができる。なお、正帯電の場合の帯電電位は + 電位となる。

【0053】

ところで、上述した ETH 現像は、静電搬送基板 1 上でトナーをホッピングさせることによって、静電搬送基板 1 との吸着力を 0 にすることで現像を行うものである。しかし、本発明者らの研究によると、単に搬送基板上でトナーをホッピングにさせるだけでは、ホッピングしたトナーが潜像担持体側への進行性を有しているとしても、潜像担持体の潜像に付着することの確実性が保証されず、トナ

一飛散が生じることも確認された。

【0054】

そこで、本発明者らはE T H現像について鋭意研究した結果、ホッピングしたトナーが潜像担持体の潜像の画像部に対して選択的に確実に付着し、且つ、非画像部には付着しない、即ち地汚れが生じない条件を見出したものである。即ち、潜像担持体の潜像の電位（表面電位）と搬送基板に印加する電位（発生させる電界）との関係を所定の関係に設定する。つまり、上述したように、潜像担持体の潜像の画像部に対してはトナーが潜像担持体側に向かい、非画像部に対してはトナーが搬送基板側に向かう電界を発生させる。これにより、潜像の画像部に対してはトナーが確実に付着し、非画像部に向かうトナーは搬送基板側に押し返されるので、搬送基板からホッピングしたトナーが効率的に現像に利用され、飛散を防止することができる。そして、低電圧駆動による高品質現像を可能にすることができる。

【0055】

この場合、搬送基板の電極に印加する電位の平均値（平均値電位）を潜像担持体の潜像の画像部の電位と非画像部の電位との間の電位に設定することで、上述したように、潜像担持体の潜像の画像部に対してはトナーが潜像担持体側に向かい、非画像部に対してはトナーが搬送基板側に向かう電界を発生させることができる。

【0056】

本発明者らは更に鋭意研究を重ねた結果、上述したように本発明に係るE T H現像では地肌部（非画像部）にトナーが付着しないため、地肌汚れが生じないはずであるにもかかわらず、未だ地肌汚れが生じ得ることを確認した。即ち、本発明者らは上述した搬送基板を製作して、同じような粒径と帯電量を有するトナーを用いて、厚さ15 μ mのO P C層を有する感光体で、表面電位-170 Vに帯電後レーザー光学系により潜像を形成した。そして、周速200 mm/secで回転する感光体から0.200 mm離して静電搬送基板1を固定し、上記搬送電圧パターンを印加してトナーを静電搬送基板1上を感光体の周速と等しい速度で搬送した。更に、静電搬送基板1が感光体と最接近する0.4 mm幅の領域（こ

れを「現像領域」とした。)の電極に対してだけ前記ホッピング電圧パターンに切り替えて該潜像を反転現像した。そして、OPC感光体上に形成された該トナー画像を公知の方法で、転写、定着してきれいな白紙上に黒トナー画像を形成した。この結果、形成した画像の地肌部には地汚れが生じており、また、多数枚プリント試験を繰り返すうちに機内にトナーが付着していることが認められた。そこで、高速度カメラにより、現像領域のトナーの動きを観察したところ、現像に寄与せず(感光体に付着せず)且つ、搬送基板に戻らなかったトナーが、感光体の回転に伴ってその周辺に発生した気流に巻き込まれていくことが判明した。

【0057】

また、地肌部よりも画像部の方が飛散トナーが増えることが判明した。更に、OPC層の帯電電位を高くすると飛散は少なくなることも判明した。また、通常、従来の現像方式ではトナーの帯電量が下がった時トナー飛散が増加していたが、ETH現像方式では、逆に、トナーの帯電量が低い方がトナー飛散が少なくなることも判明した。

【0058】

これらのことから、図23ないし図25に示すように、感光体の回転に伴う気流が一番強い画像部の直上(下)で浮遊しているトナーが、感光体の回転の気流に巻き込まれて飛散したことが確認された。

【0059】

画像部に対して後行するトナーが滞留する原因については、空中のトナーに働く力が無くなったと考えられる。本来、画像部の近傍には負帯電性のトナーを画像部に引き付ける電界が形成されているので、この電界が、無くなって、又は弱くなって、後行のトナーが画像部に引き付けられなくなると考えられる。前述したように、OPC層の電荷密度は -3.0×10^{-4} [C/mm²]であるが、 $-20 \mu\text{C/g}$ に帯電しているトナーが、1平方cmに1.5mg集まると、その電荷密度も -3.0×10^{-4} [C/mm²]になる。

【0060】

実際には、飽和現像でも、1平方cmに1.5mgのトナーが乗ることはないが、その半分程度が乗っているとすると、地肌部と画像部の電位差が半減して電

界も半減しトナーの滞留が始まると考えられる。これは、電荷分布を均一と仮定した場合であるが、トナー間のクーロン反発力を考えると、1個の後行のトナーは複数の先行付着トナーより反発されて先に（潜像担持体側に）進めなくなったと考えることもできる。

【0061】

そこで、現像領域通過後の領域でトナーを静電搬送基板1側に引き戻す電界を発生させる手段を設けるとよい。例えば、上述したように静電搬送基板1に回収領域13を設けて、この回収領域13の電極102に対しては駆動回路2から回収搬送電圧パターンの駆動波形V a 1、V b 1、V c 1を印加する。つまり、搬送領域11の電極102に印加する搬送電圧パターンの駆動波形をそのまま回収領域13の電極102に印加する回収搬送電圧パターンの駆動波形として用いるのである。このように、現像領域通過後の領域でトナーが潜像潜像担持体と反対側に向かう方向の電界を形成することによって、浮遊トナーを静電搬送基板1側に回収することができ、この結果トナーの再利用も可能になる。

【0062】

この点についてより詳細に説明する。前述した図18以降を参照して説明したようにOPC層15上に反転現像用の電荷パターンを乗せ、図13に示すホッピング電圧パターンの駆動波形V a 2、V b 2、V c 2を各電極102に印加して現像を行った。そして、図11に示した回収搬送電圧パターンの駆動波形V a 1、V b 1、V c 1を各電極102に印加したときのトナーTの挙動の一例について図26以降を参照して時間を追って説明する。

【0063】

まず、図26は各電極102に印加する電圧を回収搬送電圧パターンの駆動波形V a 1、V b 1、V c 1に切り替えた後100 μ secを経過したときのトナーの分布を示している。前述した図23と比較すると分かるように、画像部17a上（実際は下）に浮遊していたトナーが、静電搬送基板1側に引き寄せられ始めている。また、画像部17aのみならず、もともと地肌部17bに対応して静電搬送基板1側の空中にいたトナーも更に静電搬送基板1側に引き寄せられ始めている。

【0064】

図27は切り替え後200 μ secを経過したときのトナーの分布を示している。図26と比較すると、画像部17a、地肌部17bともにトナーは更に静電搬送基板1側に引き寄せられていることが分かる。

【0065】

図28は切り替え後400 μ secを経過したときのトナーの分布を示している。画像部17aに対応して浮遊していたトナーの静電搬送基板1側への回収が更に進んでいることが分かる。但し、地肌部17bに対応する部分では新たに打ち上げられるトナーがあるために少し膨らんでいる。

【0066】

図29は切り替え後700 μ secを経過したときのトナーの分布を示している。画像部17aに対応する浮遊トナー中、最後尾に位置するトナーも静電搬送基板1との間の中途まで進んでいることが分かる。

【0067】

図30は切り替え後1000 μ secを経過したときのトナーの分布を示している。最後尾のトナーも、静電搬送基板1側に入り、OPC層15側には浮遊トナーがまったく存在しなくなったことが分かる。

【0068】

この場合、画像部17aに付着しているトナーは、静電搬送基板1側に引き戻されない。これは、帯電しているトナーと誘電体であるOPC感光層との間には強い鏡像力が働いている。また、電荷の有無とは関係なしに、トナーとOPC層の間には、ファンデルワールツ力、液間架橋力も働いている。更に、画像部が小さい場合には、エッジ電界による静電力も働く。これらの力が合わさってトナーをOPC側に押しているので、浮遊トナーのように静電搬送基板1側に引き戻されることがないのである。なお、浮遊トナーには、ファンデルワールツ力と液間架橋力は働かず、また鏡像力も実質的にゼロであることから、静電搬送基板1側に引き戻される。

【0069】

但し、後述するように、搬送基板側の電極に印加する電位を高めていくと感光

体上に付着したトナーまで引き戻されるので、現像領域通過後に形成する電界の強さは、潜像担持体に付着したトナーを潜像担持体面より引き剥がさない範囲であることが好ましい。この場合、付着力の弱いトナーは引き剥がした方がよい場合もあり、全く引き剥がすことのない電界の強さでなければならないということではない。

【0 0 7 0】

なお、上述したシミュレーションでは、画像部 1 7 a の 2 層目以上のトナーはすべて、静電搬送基板 1 側に回収されたが、これはシミュレーションではトナー間の付着力をゼロにしたためである。実際は、トナー同士の間にも、ファンデルワールツ力、液間架橋力は働くので、2 層目のトナーも 1 層目のトナーに付着して残る。このように、現像領域通過後の領域において、トナーを潜像担持体側と反対側の方向に向かう電界を発生させる手段を備えることによって、飛散トナーの発生を大幅に低減することができる。この場合、搬送部材である搬送基板の電極に印加する電圧の平均値電位は、現像領域では潜像の画像部電位と非画像部電位の間とすることで、E T H 現像を行うことができる。そして、負帯電性のトナーを用いるときには、現像領域通過後の領域（回収領域）では潜像の画像部電位と非画像部電位の両電位よりも高い電位とする。また、正帯電性のトナーを用いるときには、現像領域通過後の領域では潜像の画像部電位と非画像部電位の両電位よりも低い電位とする。これらの結果、浮遊しているトナーを搬送基板側に回収することができる。

【0 0 7 1】

図 1 3 に示したホッピング電圧パターンの駆動波形を発生するための波形増幅器 2 3 a ~ 2 3 c（これらを符号「2 3」で表記する。）の一例について図 3 1 を参照して説明する。なお、前述したように図 1 3 に示すホッピング電圧パターンの駆動波形は、各相が 0 ~ - 1 0 0 V のパルス波形で、電位が相対的に+の時間（0 V の時間）が 6 7 % デューティーの波形であるが、ここでは、電位が相対的に+の時間（0 V の時間）が 3 3 % デューティーの波形で説明する。

【0 0 7 2】

波形増幅器 2 3 は、入力信号を分圧するための抵抗 R 1、R 2 と、スイッチン

グ用のトランジスタ T_{r1} と、コレクタ抵抗 R_3 と、トランジスタ T_{r2} と、電流制限抵抗 R_4 と、コンデンサ C_1 、抵抗 R_5 、ダイオード D_1 からなるクランプ回路 25 とで構成されている。この波形増幅器 23 に対し、前述したパルス信号発生回路 21 から図 32 (a) に示すように、例えば、0 ~ 15 V の図示の波形で 15 V のデューティが約 67 % の入力信号 I_N が与えられたとする。すると、この入力信号 I_N は抵抗 R_1 、 R_2 で分圧されてトランジスタ T_{r1} のベースに入力され、トランジスタ T_{r1} がスイッチングを動作することで、位相が反転される。そして、0 ~ +100 V にレベルアップされた同図 (b) に示すような電圧波形 (コレクタ電圧) m が得られる。

【0073】

このコレクタ電圧 m をトランジスタ T_{r2} が受け、同じレベルの波形を低インピーダンスで出力する。このトランジスタ T_{r2} のエミッタに接続されたクランプ回路 25 は、+ 波形に対しては時定数が小さく、- 波形に対しては時定数がコンデンサ C_1 及び抵抗 R_5 で決定されるが、パルスの周期に対してこの時定数を十分大きな値に設定する。このことで、クランプ回路 25 からは、同図 (c) に示すように、0 レベルがクランプされた 0 ~ -100 V の出力波形 OUT が得られる。

【0074】

次に、上述した図 11 に示す回収搬送電圧パターンの駆動波形を発生するための波形増幅器 22 a ~ 22 c (これらを符号「22」で表記する。) の一例について図 33 を参照して説明する。図 11 に示した回収搬送電圧パターンの駆動波形は、各相が 0 ~ +100 V のパルス波形で、電位が相対的に + の時間 (+100 V の時間) が 33 % デューティの波形の例である。

【0075】

波形増幅器 22 は、入力信号を分圧するための抵抗 R_1 、 R_2 と、スイッチング用のトランジスタ T_{r1} と、コレクタ抵抗 R_3 と、トランジスタ T_{r2} と、電流制限抵抗 R_4 と、コンデンサ C_1 、抵抗 R_5 、ダイオード D_2 からなるクランプ回路 26 とで構成されている。即ち、波形増幅器 23 のクランプ回路 25 のダイオード D_1 と波形増幅器 22 のクランプ回路 26 のダイオード D_2 の向きが異

なるだけである。

【0076】

この波形増幅器 22 に対し、前述したパルス信号発生回路 21 から図 34 (a) に示すように、例えば、0 ～ 15 V の図示の波形で 15 V のデューティが約 67 % の入力信号 I_N が与えられたとする。すると、この入力信号 I_N は抵抗 R_1 、 R_2 で分圧されてトランジスタ T_{r1} のベースに入力され、トランジスタ T_{r1} がスイッチングを動作することで、位相が反転される。そして、0 ～ +100 V にレベルアップされた同図 (b) に示すような電圧波形 (コレクタ電圧) m が得られる。

【0077】

このコレクタ電圧 m をトランジスタ T_{r2} が受け、同じレベルの波形を低インピーダンスで出力する。このトランジスタ T_{r2} のエミッタに接続されたクランプ回路 26 は、－波形に対しては時定数が小さく、＋波形に対しては時定数がコンデンサ C_1 及び抵抗 R_5 で決定される。パルスの周期に対してこの時定数を十分大きな値に設定することで、クランプ回路 26 からは、同図 (c) に示すように、0 レベルがクランプされた 0 ～ +100 V の出力波形 $O_U T$ が得られる。

【0078】

このように、搬送基板の各電極に印加する駆動波形をコンデンサ、抵抗、ダイオードから構成されるクランプ回路で形成することで、簡単な回路構成で、また、低レベル側をクランプすることでドリフトのない、波高値が一定で安定な波形が得られるので、正確なトナー搬送、ホッピングが可能になる。

【0079】

ここで、トナーの帯電極性と静電搬送基板 1 の電極 102 に印加する電圧 (電位) との関係について説明すると、負帯電性のトナーを用いる場合には、現像領域では 0 ～ $-V_1$ の電圧とし、現像領域通過後の領域では 0 ～ $+V_2$ の電圧とする。つまりホッピング用駆動波形の電圧は 0 ～ $-V$ とする。そして、回収搬送用駆動波形の電圧は 0 ～ $+V$ とすることで、上述したように駆動回路の構成が簡単で、信頼性が向上する。同様に、正帯電性のトナーを用いる場合には、現像領域では 0 ～ $+V_3$ の電圧とし、現像領域通過後の領域では 0 ～ $-V_4$ の電圧とする。

。つまりホッピング用駆動波形の電圧は $0 \sim +V$ とする。そして、回収搬送用駆動波形の電圧は $0 \sim -V$ とすることで、上述したように駆動回路の構成が簡単で、信頼性が向上する。なお、上述した電圧 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 は、同じ絶対値の電圧であっても、異なる絶対値の電圧であってもよい。

【0080】

次に、トナーの搬送及びホッピングを行うための静電搬送基板 1 の複数の電極 102 の幅（電極幅） L 及び電極間隔 R 、並びに表面保護層 103 について説明する。静電搬送基板 1 における電極幅 L と電極間隔 R はトナーの搬送効率、ホッピング効率に大きく影響する。即ち、電極と電極の間にあるトナーはほぼ水平方向の電界により、基板表面を隣接する電極まで移動する。これに対して、電極上に乗っているトナーは、少なくとも垂直方向の成分も持った初速が与えられることから、多くは基板面から離れて飛翔する。特に、電極端面付近にあるトナーは、隣接電極を飛び越えて移動するため、電極幅 L が広い場合には、その電極上に乗っているトナーの数が多くなり、移動距離の大きいトナーが増えて搬送効率上がる。但し、電極幅 L が広すぎると、電極中央付近の電界強度が低下するためにトナーが電極に付着し、搬送効率が低下することになる。そこで、本発明者らは鋭意研究した結果、低電圧で効率よく粉体を搬送、ホッピングするための適正な電極幅があることを見出した。

【0081】

また、電極間隔 R は、距離と印加電圧の関係から電極間の電界強度を決定し、間隔 R が狭い程電界強度は当然強く、搬送、ホッピングの初速が得られやすい。しかし、電極から電極へ移動するようなトナーについては、一回の移動距離が短くなり、駆動周波数を高くしないと移動効率が上がらないことになる。これについても、本発明者らは鋭意研究した結果、低電圧で効率よく粉体を搬送、ホッピングするための適正な電極間隔があることを見出した。

【0082】

更に、電極表面を覆う表面保護層の厚さも電極表面の電界強度に影響を与え、特に垂直方向成分の電気力線への影響が大きく、ホッピングの効率を決定することをも見出した。

【0083】

そこで、搬送基板の電極幅、電極間隔、表面保護層厚さの関係を適正に設定することによって、電極表面でのトナー吸着問題を解決し、低電圧で効率的な移動を行うことができる。

【0084】

より詳しく説明すると、まず、電極幅 L については、電極幅 L をトナー径（粉体径）の1倍としたときは、最低1個のトナーを乗せて搬送、ホッピングするための幅寸法である。これより狭いとトナーに作用する電界が少なくなり、搬送力、飛翔力が低下して実用上は十分でない。また、電極幅 L が広くなるに従って、特に、電極上面中央付近で、電気力線が進行方向（水平方向）に傾斜し、垂直方向の電界の弱い領域が発生し、ホッピングの発生力が小さくなる。電極幅 L があまり広くなると、極端な場合、トナーの帯電電荷に応じた鏡像力、ファンデルワールス力、水分等による吸着力が勝り、トナーの堆積が発生することがある。そして、搬送及びホッピングの効率から、電極の上にトナー20個程度が乗る幅であれば吸着が発生し難く、100V程度の低電圧の駆動波形で効率良く搬送、ホッピングの動作が可能である。それ以上広いと部分的に吸着が発生する領域が生じる。例えば、トナーの平均粒径を $5\mu\text{m}$ とすると、 $5\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ までの範囲に相当する。より好ましい範囲は、駆動波形による印加電圧を100V以下の低電圧でより効率的に駆動するため、粉体の平均粒径の2倍以上～10倍以下である。電極幅 L をこの範囲内とすることで、電極表面中央付近の電界強度の低下が $1/3$ 以下に抑えられ、ホッピングの効率低下は10%以下となって、効率の大幅な低下をきたすことがなくなる。これは、例えば、トナーの平均粒径を $5\mu\text{m}$ とすると、 $10\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ の範囲に相当する。更に好ましくは、トナーの平均粒径の2倍以上～6倍以下の範囲である。これは、例えば、トナーの平均粒径を $5\mu\text{m}$ とすると、 $10\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ に相当する範囲である。この範囲とすることによって非常に効率が良くなることが判明している。

【0085】

図35に示すように、静電搬送基板1上の電極102の幅（電極幅） L を $30\mu\text{m}$ 、電極間隔 R を $30\mu\text{m}$ 、電極102の厚みを $5\mu\text{m}$ 、表面保護層103の

厚みを $0.1\ \mu\text{m}$ とし、隣接する 2 つの電極 102、12 にそれぞれ $+100\text{V}$ 、 0V を印加し、電極幅 L 、電極間隔 R に対する搬送電界 TE 、ホッピング電界 HE の強度を測定した結果を図 36 及び図 37 に示している。なお、各評価データはシミュレーションと実測、および粒子の振る舞いについて高速度ビデオにより実測評価した結果である。図 35 では細部を分かり易くするために電極 102 は 2 つを示しているが、実際のシミュレーション、及び実験は前述したように十分な数の電極を有する領域について評価している。また、トナー T の粒径は $8\ \mu\text{m}$ 、電荷量は $-20\ \mu\text{C/g}$ である。これらの図 36 及び図 37 で示す電界の強度は電極表面の代表点の値であり、搬送電界 TE の代表点 TEa は図 35 に示す電極端部 $5\ \mu\text{m}$ 上方の点とする。また、ホッピング電界 HE の代表点 HEa は図 35 に示す電極中央部 $5\ \mu\text{m}$ 上方の点とする。また、それぞれ X 方向、 Y 方向のトナーに作用する一番電界の強い代表点に相当する。

【0086】

これらの図 36 及び図 37 から、トナーの搬送、ホッピングに作用する力を付与できる電界としては $(5E+5)\text{V/m}$ 以上、であることがわかる。また、吸着の問題がない好ましい電界としては $(1E+6)\text{V/m}$ 以上であることがわかる。更に十分な力を付与できるより好ましい電界としては $(2E+6)\text{V/m}$ 以上の範囲であることが分かる。

【0087】

電極間隔 R については、間隔が広くなるほど搬送方向の電界強度は低下するため、上記電界強度の範囲に対応する値としても同様に、前述したように、トナーの平均粒径の 1 倍以上～20 倍以下である。好ましくは 2 倍以上～10 倍以下、更により好ましくは 2 倍以上～6 倍以下である。

【0088】

また、図 37 からホッピングの効率は電極間隔 R が広がると低下するが、トナー平均粒径の 20 倍までは実用上のホッピング効率が得られる。トナー平均粒径の 20 倍を越えるとやはり多くのトナーの吸着力が無視できなくなり、ホッピングが全く発生しないトナーが発生する。このため、この点でも電極間隔 R はトナーの平均粒径の 20 倍以下とする必要がある。

【0089】

以上のように、Y方向の電界強度は電極幅L、電極間隔Rで決定され、狭い方が電界強度は高くなる。また、電極端部寄りのX方向の電界強度も電極間隔Rで決定され、狭い方が電界強度は高くなる。そして、電極のトナー進行方向における幅をトナーの平均粒径の1倍以上20倍以下で、且つ、電極のトナー進行方向の間隔を粉体の平均粒径の1倍以上20倍以下とすることにより、次のようなことを可能にする。即ち、電極上又は電極間にある帯電したトナーに対し、その鏡像力、ファンデルワールス力、その他、吸着力にうち勝って、トナーを搬送、ホッピングさせるのに十分な静電力を作用させることができる。そして、トナーの滞留が防止されて、低電圧で安定して効率的に搬送及びホッピングをさせることができる。

【0090】

本発明者らの研究するところによると、トナーの平均粒径が $2 \sim 10 \mu\text{m}$ 、 Q/m が負帯電の場合には $-3 \sim -40 \mu\text{C/g}$ 、より好ましくは、 $-10 \sim -30 \mu\text{C/g}$ 、正帯電の場合には $+3 \sim +40 \mu\text{C/g}$ 、より好ましくは、 $+10 \sim +30 \mu\text{C/g}$ であるときに、特に、上述した電極構成による搬送及びホッピングを効率的に行うことができた。

【0091】

次に、表面保護層103について説明する。表面保護層を設けることにより、電極の汚れ、微粒子等の付着が無く、表面を搬送に好適な条件で維持することができ、高湿度環境での沿面リークの回避でき、 Q/m の変動が無く、粉体の帯電電荷量を安定に維持することができる。図35の構成において表面保護層の厚さを $0.1 \sim 80 \mu\text{m}$ の範囲で変化させたときのX方向の電界強度を計算値で求めた結果を図38に示している。この表面保護層103の誘電率 ϵ は空気より高い値であり、通常 $\epsilon = 2$ 以上である。同図から分かるように、この表面保護層の膜厚（電極表面からの厚さ）が厚すぎると、表面のトナーに作用する電界強度が低下する。そこで、搬送効率、耐温湿度環境等を考慮すると、搬送動作に対して効率低下を問題にしないで実用可能な表面保護層厚さは、30%効率が低下する $10 \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは効率低下が数%に押さえられる $5 \mu\text{m}$ 以下である。

【0 0 9 2】

電極表面のホッピングに作用する電界強度の例を図 3 9 及び図 4 0 に示している。図 3 9 は表面保護層の厚みを $5 \mu\text{m}$ とした例、図 4 0 は表面保護層の厚みを $30 \mu\text{m}$ とした例であり、何れも電極幅 $30 \mu\text{m}$ 、電極間隔 $30 \mu\text{m}$ で印加電圧 0 V 、 100 V としている。これらの図から分かるように、表面保護層の厚さが厚くなると空気より誘電率が高い保護層から隣接する電極方向へ向かう電界が増加するため、表面の垂直方向成分が減少するとともに、保護層の厚み分、表面のトナーに作用する電界強度が低下する。即ち、ホッピングに作用する垂直方向成分の電気力線は保護層厚さに大きく依存する。 100 V 程度の低電圧で効率的にホッピングに作用する力を付与できる電界は、吸着の問題がない好ましい電界として $(1 \text{ E} + 6) \text{ V/m}$ 以上、更に十分な力を付与できるより好ましい電界としては $(2 \text{ E} + 6) \text{ V/m}$ 以上の範囲である。このための保護層厚さとしては $10 \mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5 \mu\text{m}$ 以下である。なお、表面保護層の材料としては、比抵抗は $10 * \text{E} 6 \Omega \text{ cm}$ 以上、誘電率 ϵ が 2 以上の材料を用いることが好ましい。

【0 0 9 3】

このように、電極表面を覆う表面保護層を設け、この表面保護層の厚さを $10 \mu\text{m}$ 以下とすることで、特に粉体に対して垂直方向成分の電界をより強く作用させることができ、ホッピングの効率を上げることができる。また、潜像担持体の帯電電位との関係については、トナーが負帯電性のトナーの場合、潜像担持体の表面の帯電電位を -300 V 以下、正帯電性のトナーの場合、潜像担持体の表面の帯電電位を $+300 \text{ V}$ 以下にする。即ち、潜像担持体の表面の帯電電位は $|300| \text{ V}$ 以下とする。これにより、上述したように、電極をファインピッチ化した場合に、電極 102、102 間に印加する電圧が $150 \sim 100 \text{ V}$ 以下の低電圧であっても発生する電界が非常に大きい値となり、電極 102 表面に付着しているトナーを容易に剥離し、飛翔、ホッピングさせることが可能になる。また、OPC 等の感光体を帯電する時に発生するオゾン、 NO_x が非常に少なく、又は皆無にすることができて、環境問題、感光体の耐久性に非常に有利となる。

【0 0 9 4】

次に、移動させるトナーの帯電極性と表面保護層の最外層の材料の関係について説明する。なお、表面保護層の最外層とは、表面保護層が単一層の場合には当該層を、表面保護層が複数層から形成される場合には粉体が接触する面を形成する層をいう。画像形成装置に用いられるトナーを搬送する場合、トナーの80%以上を占める樹脂材料としては、熔融温度、カラーにおいては透明性等が考慮され、一般的にはスチレン-アクリル系の共重合体、ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、ポリオール樹脂等が用いられる。トナーの帯電特性はこれらの樹脂の影響を受けるが、積極的に帯電量をコントロールする目的で帯電制御剤が加えられる。ブラックトナー（BK）用の帯電制御剤としては、正帯電の場合は、例えば、ニグロシン系染料、四級アンモニウム塩類、負帯電の場合は、例えば、アゾ系含金属錯体、サリチル酸金属錯体が使用される。また、カラートナー用の帯電制御剤としては、正帯電の場合は、例えば、四級アンモニウム塩類、イミダゾール系錯体類、負帯電の場合は、例えば、サリチル酸金属錯体や塩類、有機ホウ素塩類が使用される。

【0095】

一方、これらのトナーは、搬送基板上に移相電界（進行波電界）によって搬送、またはホッピングする動作によって、表面保護層と接触、剥離を繰り返すため、トナーが摩擦帯電の影響を受けることになるが、その帯電量と極性は材料相互の帯電系列によって決まってくる。この場合、トナーの帯電量を主に帯電制御剤によって決定される飽和帯電量、または多少低下する程度に維持することで、搬送、ホッピング、感光体現像についての効率を向上させることができる。そこで、トナーの帯電極性が負の場合は、少なくとも表面保護層の最表面を形成する層の材料として、摩擦帯電系列上でトナーの帯電制御剤として用いられる材料の近傍（搬送、ホッピングの領域が少ない場合）に位置する材料を用いることが好ましい。または、正端側に位置する材料でもよい。例えば、帯電制御剤が、サリチル酸金属錯体の場合はこの近傍に位置するポリアミド系が好ましい。例えば、ポリアミド（ナイロン：商品名）66、ナイロン（商品名）11等を用いる。

【0096】

また、トナーの帯電極性が正の場合は、少なくとも表面保護層の最表面を形成

する層の材料として、摩擦帯電系列上でトナーの帯電制御剤として用いられる材料の近傍（搬送、ホッピングの領域が少ない場合）に位置する材料が好ましい。または、負端側に位置する材料を使用することが好ましい。例えば、帯電制御剤が、四級アンモニウム塩類の場合はこの近傍、またはフッ素等のテフロン（登録商標）系材料を用いるとよい。

【0097】

次に、電極 102 の厚みについて説明する。上述したように電極表面を覆う数 μm 厚さの表面保護層を形成した場合、表面保護層の下に電極がある領域とない領域に対応して、搬送基板表面には凹凸が生じることになる。このとき、電極の厚さを $3\mu\text{m}$ 以下の薄層に形成することによって、保護膜表面の凹凸を問題にすることなくトナー等、 $5\mu\text{m}$ 程度の粉体をスムーズに搬送することができる。従って、電極を $3\mu\text{m}$ 以下の厚みに形成すれば、搬送基板表面の平坦化处理等を必要しないで、薄層の表面保護層を有する搬送基板を実用化でき、搬送、ホッピングのための電界強度が低下することともなくなり、より効率的な搬送、ホッピングを行うことができる。

【0098】

本複写機を以下のように構成してもよい。即ち、図 4 1 に示すように、駆動回路 2 に代えて、静電搬送基板 1 の搬送領域 11、現像領域 12 及び回収領域 13 の各電極 102 に対して、それぞれ駆動波形 V_{a1} 、 V_{b1} 、 V_{c1} 、 V_{a2} 、 V_{b2} 、 V_{c2} 、 V_{a3} 、 V_{b3} 、 V_{c3} を印加する駆動回路 32 を設ける。駆動回路 32 から回収領域 13 の各電極 103 に出力する回収搬送駆動波形 V_{a3} 、 V_{b3} 、 V_{c3} は、図 4 2 に示すように、搬送駆動波形 V_{a1} 、 V_{b1} 、 V_{c1} に $\text{DC} + 50\text{V}$ のバイアス電圧を加えたものであり、各 A ~ C 相の波形は 120° ずつ位相がシフトした $+50 \sim +150\text{V}$ のパルス波形である。この駆動波形を生成するために駆動回路 32 に含まれる回収搬送電圧用の波形増幅器 24 は、図 4 3 に示すように、前述した波形増幅器 22 のクランプ回路 26 の GND 方向とは逆向きのダイオード D2 及び抵抗 R5 とシリーズに $+50\text{V}$ の電源回路 27 を挿入したものである。そして、波形増幅器 22 の出力波形に $+50\text{V}$ の DC 電圧がバイアスされ、結果として $+50 \sim +150\text{V}$ の波形が得られる。

【0 0 9 9】

このように、搬送基板の各電極に印加する駆動波形をコンデンサ、抵抗、ダイオード及びバイアス電圧発生手段から構成されるクランプ回路で形成することで、簡単な回路構成で、また、低レベル側をクランプすることでドリフトのない、波高値が一定で安定な波形が得られる。このことにより、正確なトナー搬送、ホッピングが可能になるとともに、低レベル側が 0 V でない所定のバイアス波形を簡単な電源回路を挿入するだけで構成でき、感光体と搬送基板の間のバイアス電界を調整することが可能になって最適な画像が得られる条件を容易に設定できる。

【0 1 0 0】

また、回収領域 1 3 の各電極 1 0 2 に印加する駆動波形に D C バイアスを重畳することによって、より回収効率が向上し、飛散トナーの発生を確実に防止できる。即ち、前述したように現像領域通過後の領域でトナーを静電搬送基板 1 側に引き戻す電界を形成する手段を設けることによって、トナーの飛散は大変少なくなったが、まだゼロにはならなかった。その原因を究明したところ、高速度カメラの映像と上記シミュレーションより、静電搬送基板 1 に近い側でも、回転する O P C 感光体 1 0 に引かれて空気の移動が生じていることに起因していることが判明した。

【0 1 0 1】

そこで、回収領域 1 3 の各電極 1 0 2 に印加する駆動波形に + 5 0 V の D C バイアスを重畳して電界強度を高くしたことによって、飛散トナーの発生が略ゼロになった。なお、このときの駆動波形の平均電圧は 8 3 . 3 V になる。このときのトナー T の挙動の一例を図 4 4 に示す。同図は、各電極 1 0 2 に印加する電圧を回収搬送電圧パターンの駆動波形 V a 3、V b 3、V c 3 に切り替えた後 1 0 0 0 μ s e c を経過したときのトナーの分布を示すものである。先に示した図 2 7 と同じ経過時間である。この図 4 4 と先に示した図 3 0 とを対比すると分かるように、トナーが静電搬送基板 1 側に引き寄せられている。

【0 1 0 2】

本発明者らは更に研究を研究を重ねた結果、バイアス電圧にも適正值があるこ

とが判明した。即ち、DCバイアス電圧を+100Vにした（駆動波形は+100～+200Vになり、平均電圧は+133.3Vになる。）ときのトナーTの挙動の一例を図45に示している。同図は、各電極102に印加する電圧を回収搬送電圧パターンの駆動波形Va3、Vb3、Vc3に切り替えた後1000μsecを経過したときのトナーの分布を示すものであり、前述した図44と対比すると分かるように、更にトナーが静電搬送基板1側に引き寄せられているが、静電搬送基板1に引き付ける静電力が強くなり、搬送されないトナーがかなり生じる。更に、DCバイアス電圧を+150Vにした（駆動波形は+150～+250Vになり、平均電圧は+183.3Vになる。）ときのトナーTの挙動の一例を図47に示している。同図は、各電極102に印加する電圧を回収搬送電圧パターンの駆動波形Va3、Vb3、Vc3に切り替えた後1000μsecを経過したときのトナーの分布を示すものであり、前述した図45と対比すると分かるように、更に静電搬送基板1に引き付ける静電力が強くなり、OPC層15上に付着していたトナーまで静電搬送基板1に引き戻され、現像した画像が消えている。即ち、回収搬送電圧のプラスバイアスには適正值があり、低すぎると、浮遊トナーを、OPC感光体の回転に伴って発生している気流中から、ほとんど空気の移動のない搬送基板側に引き寄せることができない。逆に高すぎると、トナーが搬送できなくなり、ついには、いったん現像されたトナーまで回収されて画像が消えてしまうことになる。

【0103】

本複写機を以下のように構成してもよい。即ち、OPC感光体10の表面電位を高くするとともに、ホッピング電圧パターンの駆動波形Va2、Vb2、Vc2に-DCバイアス電圧を重畳するのである。具体的には、OPC感光体層15の帯電電荷密度を、 -4.0×10^{-4} [C/m²]に、電位として、-220Vに上げた。一方、現像領域12の各電極102に印加する駆動波形Va2、Vb2、Vc2として、図47に示すように-50VのDC電圧をバイアスし、-50V～-150Vの駆動波形とした。なお、同図でも相対的に+の時間が33%デューティの波形としている。この駆動波形を生成するための前述した波形増幅器23は、図48に示すように、図31に示した回路のクランプ回路25のG

ND方向のダイオードD1及び抵抗R5とシリーズに-50Vの電源回路28を挿入したのものであり、前記波形増幅器23の出力波形に-50VのDC電圧がバイアスされ、結果として-50~-150Vの波形が得られる。このときのトナーTの挙動の一例について図49に示した。同図は、現像終了時のトナーの分布を示すものであり、先に示した図23と比較すると分かるように、画像部17aに付着するトナー数が2倍近くになっている。このようにして、画像部に付着する（現像する）トナーが増えて、画像濃度が高く、地汚れのない画像を形成することもできる。

【0104】

静電搬送基板1の各電極に対し、負帯電性のトナーを用いる場合、現像領域では $-V5 \sim -V6$ ($V5 > V6$)の電圧を、現像領域通過後の領域では $+V7 \sim +V8$ ($V8 > V7$)電圧を印加するとよい。つまり、現像領域では $-V \sim -(V + \alpha)$ の電圧を、現像領域通過後の領域では $+V \sim +(V + \alpha)$ 電圧を印加する駆動波形とするのである。これにより、トナーによる現像量及び浮遊トナーの回収量をより高めることができる。

【0105】

同様に、正帯電性のトナーを用いる場合には、現像領域では $+V9 \sim V10$ ($V10 > V9$)の電圧を、現像領域通過後の領域では $-V11 \sim -V12$ ($V12 > V11$)の電圧を印加するとよい。つまり、現像領域では $+V \sim +(V + \alpha)$ の電圧を、現像領域通過後の領域では $-V \sim -(V + \alpha)$ 電圧を印加する駆動波形とするのである。このことにより、トナーによる現像量及び浮遊トナーの回収量をより高めることができる。なお、電圧V9、V10、V11、V12は、同じ絶対値あってもよいし、異なる絶対値であってもよい。

【0106】

また、本複写機を次のように構成してもよい。即ち、駆動波形の電圧パターンを用いて、静電搬送基板1とOPC感光体10との間隔を $200\mu\text{m}$ から $400\mu\text{m}$ に広げるのである。このときのトナーTの挙動の一例について図50に示している。同図は、回収搬送電圧パターンの駆動波形を印加した後 $1000\mu\text{sec}$ を経過した時のトナーの分布を示すものであり、先に示した図44と比較して

も、相対的に浮遊していたトナーが静電搬送基板 1 側に引き寄せられていることが分かる。このように、一層トナーの飛散を防止することができる。

【0107】

また、本複写機を次のように構成してもよい。即ち、図 5 1 に示すように、フレキシブルベース基板 111 に複数の電極 102 を設け、保護層 103 を形成した静電搬送基板 41 を用いて、この静電搬送基板 41 のうちの回収領域 13 に対応する部分を感光体 10 の表面形状に倣わせて湾曲させ。上述したように、感光体 10 の回転数を上げる（周速をあげる）と、トナーの飛散が生じるようになった。これは、感光体 10 と静電搬送基板 1 との間隔（ギャップ）が感光体 10 下流側になるほど広がっているため、トナー回収時間が短くなって、浮遊トナーを、静電搬送基板 41 側に十分引き付ける前に OPC 感光層が静電搬送基板 1 より遠ざかって行ってしまうことが原因であると考えられる。

【0108】

そこで、静電搬送基板 41 としてフレキシブル基板を用いて感光体 10 とのギャップを回収領域 13 で略同じに保持することで、十分なトナー回収のための時間を確保できる。そして、浮遊トナーを静電搬送基板 41 側に引き付けることができるので、トナーの飛散が解消される。この場合、現像時間が不足するときには、図 5 2 に示すように、現像領域 12 でも、フレキシブルな搬送基板 41 を湾曲させて OPC 感光体 10 の曲率に合わせて湾曲させることで、現像時間を確保することができるようになる。また、静電搬送基板 41 を湾曲させる場合、湾曲面を形成している部分は潜像担持体（感光体 1）との間のギャップが潜像担持体の移動方向下流側ほど広がっているようにすることで、空気の流れが乱れることなく速やかに減衰でき、浮遊トナーの回収をより確実に行うことができる。

【0109】

フレキシブルなファインピッチ薄層電極を有する搬送基板の一例としては、ポリイミドのベースフィルム（厚さ $20 \sim 100 \mu\text{m}$ ）を基材（ベース基板 111）として、その上に蒸着法によって $0.1 \sim 3 \mu\text{m}$ の Cu、Al、Ni-Cr 等を成膜する。幅 $30 \sim 60 \text{ cm}$ であれば、ロール・トゥ・ロールの装置で製造可能であり、量産性が非常に高まる。共通バスラインは同時に幅 $1 \sim 5 \text{ mm}$ 程度の

電極を形成する。蒸着法の具体的手段としては、スパッタ法、イオンプレーティング法、CVD法、イオンビーム法、等の方法が可能である。例えば、スパッタ法で電極を形成する場合において、ポリイミドとの密着性を向上させるため、Cr膜を介在させても良いし、前処理として、プラズマ処理やプライマー処理によっても密着性を向上させることができる。蒸着法以外の工法としては、電着法によっても薄層電極を形成することができる。この場合は、ポリイミドの基材上に、まず、無電解メッキによって電極を形成する。塩化Sn、塩化Pd、塩化Niに順次浸漬して下地電極を形成した後、Ni電解液中で電解メッキを行ってNi膜1～3 μ mをロール・トゥ・ロールで製造することが可能である。

【0110】

これらの薄膜電極にレジスト塗布、パタンニング、エッチングで電極102を形成する。この場合、0.1～3 μ m厚さの薄層電極であれば、フォトリソ、エッチング処理によって5 μ m～数10 μ m幅、又は間隔のファインパタン電極を精度良く形成することができる。次いで、表面保護層103としてSiO₂、TiO₂等を厚さ0.5～2 μ mをスパッタ等により形成する。或いは、表面保護層としてPI（ポリイミド）を厚さ2～5 μ mにロールコータ、その他コーティング装置により塗布し、ベークして仕上げる。PIのままで支障を生じるときには、更に最表面にSiO₂、その他無機膜を0.1～2 μ mの厚みにスパッタ等で形成すればよい。

【0111】

また、別の例としては、ポリイミドのベースフィルム（厚さ20～100 μ m）を基材（ベース基板111）として、その上に電極材料として、厚さ10～20 μ mのCu、SUS等を使用することも可能である。この場合は、逆に金属材料の上にポリイミドをロールコータにて20～100 μ m塗布してベークする。その後、金属材料をフォトリソ、エッチング処理によって電極102の形状にパターン化し、その電極102面上に保護層103としてポリイミドをコーティング、金属材料電極の厚さ10～20 μ mに応じた凹凸がある場合は、適正な段差を含む、準平坦化を行う。例えば、粘度50～10,000cps、より好ましくは100～300cpsのポリイミド系材料、ポリウレタン系材料をスピンコートし

て放置することによって、材料の表面張力によって基板の凹凸がスージングされ、搬送基板最表面が平坦化される。その後、熱処理により安定した保護フィルム膜材となる。

【0112】

フレキシブル搬送基板の強度を上げた更に他の例としては、基材として厚さ20～30 μ mのSUS、Al材等を用いて、その表面に絶縁層（電極と基材との間の絶縁）として5 μ m程度の希釈したポリイミド材をロールコートによりコーティングする。そして、このポリイミドを例えば150℃－30分のプリベーク、350℃－60分のポストベークして薄層ポリイミド膜を形成してベース基板101とする。その後、密着性向上のプラズマ処理やプライマー処理を施した後、薄層電極層としてNi-Crを0.1～2 μ mの厚みに蒸着し、フォトリソ、エッチングによって数10 μ mのファインパタンの電極102を形成する。更に、表面にSiO₂、TiO₂等の表面保護層103を0.5～1 μ m程度の厚みにスパッタにより形成することで、フレキシブル搬送基板を得ることができる。

【0113】

本複写機を以下のように構成してもよい。即ち、上述したように、感光体10の回転数を上げる（周速をあげる）と、感光体10と静電搬送基板1との間隔（ギャップ）が感光体10下流側になるほど広がっているため、トナー回収時間が短くなる。そして、浮遊トナーを、静電搬送基板1側に十分引き付ける前にOPC感光層が静電搬送基板1より遠ざかってしまうことになる。

【0114】

そこで、ハードタイプの静電搬送基板1を使って、静電搬送基板1とOPC感光体10の間隔が広がるのに合わせて、回収搬送電圧パターンの駆動波形に加えるプラスバイアス電圧を順次増加させるようにする。これにより、周速が上がったときにもトナー飛散を解消することができる。このときの回収領域13の長さに対するOPC感光体10と平板状の静電搬送基板1間のギャップ、及びそれに対するプラスバイアス電圧の関係を表1に示している。このときの条件は、次のとおりである。なお、もともと地肌部はOPC感光体層側に浮遊するトナーは少なく、また、回収電界も画像部に比較して大きいので、画像部の回収電界が一定

に維持されるようにバイアス電圧を設定した。条件は次の通りである。直径60 mmの感光体と平板状搬送基板。回収領域13は感光体センター直下より始まる。回収搬送電圧パターンは+100 V, 0 V, 0 V (+バイアス50 V) 静電潜像電位は、画像部0 V、地肌部-170 V。トナーの帯電極性は負 ($-20 \mu\text{C} / \text{g}$)

【表1】

分割	範囲	平均ギャップ	ハイス電圧	平均電界 (V/ μm)	
	mm	mm	Volts	画像部	地肌部
1	0.0~1.0	0.202	50.8	0.416	1.243
2	~2.0	0.211	54.6	0.417	1.208
3	~3.0	0.228	61.7	0.417	1.149
4	~4.0	0.253	72.1	0.417	1.077
5	~5.0	0.286	85.8	0.416	1

【0115】

本複写機を、以下のように構成してもよい。即ち、図53に示すように、静電搬送基板1（又は搬送基板41）の各電極102に印加する駆動波形のバイアス電圧を変化できるようにする。図53はこの場合のホッピング電圧パターンの駆動波形を出力するための波形増幅器23の一例を示すものであり、先に示した図48の回路において、固定電圧を出力するバイアス電源回路28に代えて、出力電圧を可変できるバイアス電源回路29を備えている。なお、搬送電圧パターン、或いは回収搬送電圧パターンの駆動波形を出力するための波形増幅器22、24についても同様にバイアス電圧を可変とすることができる。また、バイアス電源回路29の出力電圧は、図示しない主制御部によって調整できるようにしている。即ち、トナーの帯電量や、OPC感光体の表面電位が、使用環境の温湿度や、プリンタの使用時間によって変化し、また、複写機の場合は、濃度の薄い原稿をより濃く複写したい場合や、逆に、地肌を飛ばして複写したい場合がある。

【0116】

そこで、バイアス値を変化できるようにすることで、環境の変化や、機械の変化、原稿の濃淡にかかわらず常に良好な画像をトナーの飛散無しに形成することができる。また、バイアス電圧をフィードバック制御する構成でなくても、機械組み立て後の機械間の特性バラツキをこのバイアス電圧を調整することで最適な

画像が得られるように調整することもできる。

【0117】

パルス状駆動波形に直流バイアス電圧（現像バイアス）を重畳した場合の現像バイアスと地肌部に対するトナー付着量について図54を参照して説明する。まず、潜像担持体、搬送基板の電極、その他空間等に関する条件として、トナー平均直径： $8\mu\text{m}$ 、平均 Q/m ： $-20\mu\text{C/g}$ 、搬送基板と潜像担持体のギャップ（Gap）： $200\mu\text{m}$ 、潜像のラインパタン幅： $30\mu\text{m}$ を3～10ライン、ラインパタンの間隔（地肌部分）： $450\mu\text{m}$ 、潜像ラインパタン部（画像部）電位： 30V 、地肌部電位： 110V 、搬送電極（電極102）：幅 $30\mu\text{m}$ ／間隔 $30\mu\text{m}$ とし、この電極102に対して基本駆動パルス： $0\sim-100\text{V}$ ／3相駆動、 3kHz 、 $66\%\text{Duty}$ とし、この基本駆動パルスに対して直流電圧のバイアスを $+20\sim-40\text{V}$ と可変して現像を行ったときの現像バイアスと地肌部に対するトナー付着量の関係は同図に示すようになった。また、このときの電極の電位、感光体表面電位などとの関係を表2に示している。

【表2】

現像 バイアス 電位(V)	搬送電極の電位			感光体の表面電位			地肌部到達 トナー数 個	現像された トナー数 個
	High 電位(V)	Low 電位(V)	平均 電位(V)	地肌部 電位(V)	ライン画像 電位(V)	ベタ画像 電位(V)		
20	20	-80	-13.3	-110.4	-28.8	-0.3	0	1
10	10	-90	-23.3	-110.7	-29.0	-0.6	0	4
0	0	-100	-33.3	-110.9	-29.3	-0.8	0	8
-10	-10	-110	-43.3	-111.1	-29.5	-1.0	1	8
-20	-20	-120	-53.3	-111.4	-29.7	-1.3	1	10
-30	-30	-130	-63.3	-111.6	-30.0	-1.5	9	13
-40	-40	-140	-73.3	-111.8	-30.2	-1.7	17	14

【0118】

なお、上述の潜像パタン条件は、トナー付着にとっては極細線まで現像するための厳しいパタンであり、このパタンまで現像できれば広い方向については問題なく現像することができる。図54において、直流バイアス電圧を -40V より 10V ずつ上げて行くと、地肌に到達するトナーの数（同図に実線で表記）も減るが、ライン潜像を現像するトナーの数（単位長当たりの数、同図に破線で表記）も減っていくことが分かる。なお、この結果は現像バイアス電圧に対する地肌到達トナーを潜像担持体がニップ領域を通過する現像時間内に付着した量の計測値である。

【0 1 1 9】

現像工程においては、地汚れさせずに、最小ドットを現像できることが必要である。そのためには、地肌に到達するトナーがなく、最小ドット幅の潜像にトナーが到達できればよい。その観点から見ると、図 5 4 の結果は、地汚れさせずに最小ドット幅を現像できるのは、現像バイアスが $-30 \sim +10 \text{ V}$ 、好ましくは $-20 \text{ V} \sim 0 \text{ V}$ （なお、 0 V のときはパルス状駆動波形のみとなる。）の範囲内であることが分かる。そのときの、駆動パルス電圧の平均値は、 $-63.3 \sim -23.3 \text{ V}$ 、好ましくは $-53.3 \sim -33.3 \text{ V}$ の範囲内である。

【0 1 2 0】

また、現像ギャップ（G a p）、駆動パルス条件をパラメータにトナー付着の評価を行った結果、駆動パルス（駆動波形）の周波数が比較的高い値の条件においては、パルスの平均値電位が潜像担持体の画像部と非画像部の間にあることで正常な画像が得られることが判った。また、駆動パルスの周波数が比較的低い値の条件においては、ホッピングされたトナーの最初の出発点の電位は、平均値ではなく、ホッピング電圧パターンのロー”L”の電位が支配的である（表 2 の L o w 電位（V）に相当する欄）。これは、例えば、加速されて飛翔するトナーの平均速度が 0.3 m/s であるとき、電界強度が $1/5$ に低下する $30 \mu\text{m}$ の高さ方向の距離を移動する時間は $100 \mu\text{s}$ となる。従って、この場合には、駆動波形の印加電圧の時定数として $100 \mu\text{s}$ 以上であれば、初速が得られ、ホッピング動作が可能になる。これより、ロー”L”電位の印加時間が $100 \mu\text{s}$ 以上の駆動パルスは、D u t y 5 0 % の場合は 5 kHz 以下、D u t y 6 6 % の場合は 3.3 kHz 以下で好適な画像が得られることが確認できた。

【0 1 2 1】

本複写機を次のように構成してもよい。即ち、図 5 5 に示すように、回収領域 1 3 では搬送基板を用いてトナーを回収する構成としていたものに代えて、回収領域 1 3 を持たない搬送基板 6 1 を用いて現像を行う。また、現像領域 1 2 の出口付近に、トナーが潜像担持体である感光体 1 と反対側に向かう方向の電界を形成する手段として回収ローラ 6 2 を設ける。そして、この回収ローラ 6 2 にバイアス電源 6 3 から電界発生用のバイアス電圧を印加し、また回収ローラ 6 2 表面

から回収トナーを剥離する回収ブレード64を設ける。

【0122】

かかる構成において、現像領域12の出口に、直径20mmの金属ローラからなる回収ローラ62を、OPC感光体10より0.5mmのギャップを空けて配置し、この回収ローラ62にバイアス電圧として+500Vを印加した。すると、浮遊トナーの大部分は金属ローラである回収ローラ62に静電付着し、トナーの飛散が低減した。更に、金属ローラである回収ローラ62を、OPC感光体10と同方向に回転させ、その間のギャップで、両ローラを逆方向に移動させて、感光体62によって発生する気流を止めた。すると、すべてのトナーを回収することができ、トナー飛散がなくなった。このように、トナーが潜像担持体である感光体1と反対側に向かう方向の電界を形成する手段としては、搬送基板に限られるものではなく、ローラ部材或いは、平板状部材などを用いることもできる。

【0123】

なお、これまで説明したシミュレーションで用いたトナーの粒径（半径）の分布を図56に、帯電量 Q/m の分布を図57にそれぞれ示している。これらの分布は従来のトナーにおける実測値を基にした一例である。

【0124】

図58は、本実施形態に係る複写機を示す概略構成図である。複写機本体の上部には、スキャナ装置が設けられている。このスキャナ装置のコンタクトガラス402上に原稿が載置された後、図示しないコピースタートスイッチが押されると、原稿の読み取りが開始される。具体的には、原稿照明光源403とミラー404とを含む走査光学系405と、ミラー406、407を含む走査光学系408とが移動して、原稿が光走査される。すると、原稿がレンズ409の後方に配設された画像読み取り素子410によって画像信号として読み込まれ、読み込まれた画像信号にデジタル画像処理が施される。処理後の信号は、図示しないレーザーダイオード（LD）を駆動して、これからレーザー光を出射させる。このレーザー光は、ポリゴンミラー413上での反射によって主走査方向に偏向せしめられながら、ミラー414を介して感光体401を走査する。この走査に先立ち、ドラム状の感光体401は図示しない駆動手段によって図中時計回りに回転駆

動されながら、帯電手段 4 1 5 によって一様帯電せしめられる。そして、表面にレーザー光が走査されて静電潜像を担持する。この静電潜像は、現像装置 4 1 6 によってトナー像に現像される。

【0 1 2 5】

感光体 4 0 1 には、その図中下方でチャージャユニットが対向している。このチャージャユニットの図中左側用には、2つの給紙手段 4 1 7 A、4 1 7 B が配設されており、それぞれカセット内に記録体たる転写紙を複数枚重ねた転写紙束の状態で収容している。コピー動作がスタートすると、画像情報に応じたサイズ及び姿勢の転写紙を収容している方の給紙手段（4 1 7 A 又は 4 1 7 B）の給紙コロ（4 1 8 A 又は 4 1 8 B）が回転駆動されて、転写紙束の一番上の転写紙を給紙路に送り出す。この給紙路の最下流側には、レジストローラ対が配設されており、給紙手段から送られてくる転写紙をローラ間に挟み込む。レジストローラ対は、挟み込んだ転写紙を感光体 4 0 1 上のトナー像に重ね合わせ得るタイミングで、感光体 4 0 1 と上記チャージャユニットとの対向部に向けて送り出す。この対向部においては、チャージャユニットの転写チャージャ 4 2 0 によって発せられるコロナ放電により、感光体 4 0 1 上のトナー像が転写紙に静電転写される。そして、分離チャージャ 4 2 1 によって感光体 4 0 1 から分離された転写紙が、搬送ベルト 4 2 2 を経由して定着手段 4 2 3 内に送られる。定着手段 4 2 3 は、加熱ローラと加圧ローラとの当接によって形成している定着ニップに転写紙を挟み込んで、加熱や加圧の作用によってトナー像を転写紙上に定着せしめる。このようにしてトナー像が定着された転写紙は、排紙ローラ対を経て機外のスタック部 4 2 4 にスタックされる。

【0 1 2 6】

上記チャージャユニットとの対向位置を通過した後の感光体 3 0 1 表面に付着している転写残トナーは、クリーニング手段 4 2 5 によって除去される。このようにしてクリーニングされた感光体 3 0 1 表面は、除電ランプ 4 2 6 によって除電されて初期化せしめられる。

【0 1 2 7】

次に、本複写機の特徴的な構成について説明する。

図59は、上記現像装置416の要部構成と、感光体401とを示す拡大構成図である。現像装置416は、図示しないトナーと帯電促進物質との混合物を収容するトナー供給部430や、トナーを搬送するトナー搬送部440などを備えている。

【0128】

図60、図61、図62は、それぞれ、上記トナー供給部430を示す平断面図、縦断面図、横断面図である。トナー供給部430は、仕切壁434によって第1収容室436、第2収容室437の2つに仕切られており、それぞれ回転部材たる第1搬送スクリュウ431、第2搬送スクリュウ434が設けられている。これらは、回転軸431a、433aの表面に螺旋突起431b、433bが突設せしめられた構造になっている。トナー供給部430の両端付近には、それぞれ長さL2（例えば25mm）に渡って仕切壁434の設けられていない連通スペースがあり、収容部たる2つの収容室（436、437）がここで連通している。図60に示すように、第1搬送スクリュウ431は、図示しないスクリュウ駆動系によって回転駆動させることで、第1収容室436に収容されている上記混合物を図中左側から右側に向けて攪拌搬送する。これによって第1収容室436の図中右側の連通スペースまで搬送された混合物は、第2収容室437内に進入する。そして、スクリュウ駆動系によって回転駆動される第2搬送スクリュウ434によって今度は図中右側から左側に向けて搬送される。次いで、第2収容室437の図中左側の連通スペースまで搬送されると、第1収容室436内に戻る。このように、トナー供給部430内では、混合物が攪拌搬送されながら図中反時計回りに循環する。第1収容室436には、図示しないトナー濃度検知手段が配設されており、混合物のトナー濃度を検知してトナー濃度信号を図示しない補給制御部に出力する。この補給制御部は、トナー濃度信号に応じて、図示しないトナー補給手段を駆動制御して適量のトナーを第1収容室436に補給する。これにより、トナー供給部430内の混合物のトナー濃度が所定範囲内に維持される。第1収容室436内に新たに補給されたトナーは、混合物に取り込まれた後、攪拌搬送に伴って摩擦促進物質に摺擦せしめられて摩擦帯電する。

【0129】

第2搬送スクリュウ432の螺旋突起432の先端と、メッシュ433との間には、所定のギャップを設けることが望ましい。その値については、トナーの直径の $1/5 \sim 10$ 倍程度である。望ましくはキャリア径の $1/3 \sim 2$ 倍程度であると、混合物の入れ替え効率や混合攪拌効率が良くなる。更に、摩擦促進粒子間の空隙でトナークラウドを良好に発生させることができる。

【0130】

先に示した図59において、第1収容室436の底には、メッシュ433が設けられている。第1収容室436内では、スクリュウ軸線方向に攪拌搬送される混合物中でトナーが十分に帯電する。そして、混合物がメッシュ433上を通過する際に、メッシュ433の篩い機能によってトナーが混合物から分離されてトナー搬送部440内に落とし込まれる。

【0131】

メッシュ433には金属材料が用いられている。そして、このメッシュ433と、移送用静電搬送基板442との間には、図示しないバイアス印加手段等の電位差発生手段によって電位差が設けられている。これにより、トナーをメッシュ433側から基板側に向けて静電移動させる電界が形成されている。これにより、第2収容室437内の混合物からのトナーの分離と、孔からのトナーの排出とが促されて、トナー供給効率の向上が図られる。

【0132】

なお、メッシュ433と移送用静電搬送基板442との間に電極部材を設け、これとメッシュ433とにバイアスを印加してトナーの排出を促してもよい。この場合、メッシュ433～電極部材と、電極部材～移送用静電搬送基板442とでトナーを段階的に静電移動させることができる。そして、このことにより、低バイアス電界を実現してトナークラウドを良好に発生させるとともに、トナーや移送用静電搬送基板442へのダメージを抑えることができる。メッシュ433板と電極部材との間に、交流バイアスやパルスバイアスを印加すると、トナーを往復振動させて、メッシュ433、電極部材、移送用静電搬送基板442へのトナー固着を抑えることができる。電極部材としては、ワイヤー、複数の並列ワイヤー、メッシュ状の電極などが挙げられる。

【0133】

また、メッシュ433を振動させる超音波振動子等の振動発生手段を設けて、トナーの排出を促すようにしてもよい。この場合、第2収容室437内のトナーを静電気力によってメッシュ433に強く引き付けてしまうことによるメッシュ433へのトナー固着を回避することができる。振動周期については、5～60kHz程度にすればよい。振動発生手段としては、機械的に駆動するもの、磁気コイルによるもの、電歪によるものなどが挙げらるが、何れも摩擦促進物質やトナーの振動により、メッシュ433の目詰まりを抑えることもできる。

【0134】

上記トナー搬送部440は、移送用静電搬送基板442を底板にしている移送部441と、これの重力方向下側で回収用静電搬送基板444を底板にしている回収部443とからなる二重構造になっている。上記メッシュ433を透過してトナー搬送部440内に落とし込まれたトナーは、移送用静電搬送基板442表面に供給される。そして、ETH現象によってホッピングしながら図中右側から左側に向けて搬送され、感光体401に対向する現像領域で感光体401上の静電潜像を現像する。現像に寄与しないで現像領域を通過したトナーは、移送用静電搬送基板442の端からこぼれ落ちて回収部443の回収用静電基板444表面に供給される。そして、今度はホッピングしながら図中左側から右側に向けて搬送されて、トナー供給部430の第1収容室436内に戻される。これにより、現像に寄与しなかったトナーがリサイクルされる。

【0135】

かかる構成のトナー供給部430においては、第1搬送スクリュウ431、第2搬送スクリュウ432、これらを回転駆動させる回転駆動系などにより、トナーと摩擦促進物質とを攪拌搬送する攪拌搬送手段が構成されている。また、回収部443が、移送用静電搬送基板442の表面上で現像に寄与することなく現像領域を通過したトナーを、収容部たる第1収容室436に戻してリサイクルさせるリサイクル手段として機能している。これにより、トナーを無駄に廃棄してしまうといった事態を抑えることができる。また、金属製のメッシュ433、移送用静電搬送基板442、両者間に電位差を発生させる電位差発生手段等により、

メッシュ 433 の孔からのトナーの排出を促す排出促進手段が構成されている。排出促進手段については、少なくとも移送用静電搬送部材 442 によってトナーを搬送しているときには機能させることが望ましい。これにより、トナー供給量を変動させてしまうことによる画質への悪影響を抑えることができる。

【0136】

上記メッシュ 433 は、金属材料からなり、金属膜（板）のエッチングやエレクトロホーミング（電鑄）などによって容易に安価に形成される。図 63（a）、（b）、（c）にエッチングによるメッシュ形成工程を示す。まず、図 63（a）に示すように、SUS 等の金属膜にレーザー加工の微細加工を施した設計孔のパターンをレジストで形成する。次に、図 63（b）に示すように、 FeCl_3 等によってエッチングを行なって孔を形成する。さらに、図 63（c）に示すように、レジストを剥離し、メッシュ 433 を完成させる。なお、エレクトロホーミングによるメッシュ形成については、図 64（a）、（b）に示すような工程で行えばよい。また、細線ワイヤーの編む形成工程も可能である。

【0137】

メッシュ 433 の材料としては、可撓性や摩耗耐久性を発揮するものを用いることが望ましい。メッシュ 433 の孔の形状は、丸形、楕円形、四角形、長方形、星形、異形等のものを採用することができる。本複写機では、図 63（c）に示したように、メッシュの孔を楕円形状とし、長手方向の開口の大きさを孔の長さ L とし、短手方向の開口の大きさを孔の幅 W としている。

【0138】

メッシュの厚さ T については、 $20 \sim 150 \mu\text{m}$ 、好ましくは $30 \sim 80 \mu\text{m}$ の範囲で設定することが望ましい。このとき、厚さ T と、長さ L と、幅 W との関係が、 $500W \geq L$ 、且つ、 $W/5 \leq T \leq 3W$ の範囲であることが好ましい。これは、孔の長さ L と、幅 W が $500W \geq L$ であると、メッシュ 433 が金属膜としての剛性と孔形状を両立して確保できるためである。また、幅 W と厚さ T との関係が $W/5 \leq T \leq 3W$ では金属膜としての平面性や曲率加工が確保できるためである。これにより、メッシュ 433 の剛性による、ポビン形状や平板の真直性、接触変形と形状回復を機能させることができる。

【0139】

メッシュ433の開口率は、20～70%の範囲とすることが好ましい。現像する画像が黒ベタの時、ムラ無くその放出量を確保するためには、かかる範囲にしなければならないことが実験によって確認されたからである。

【0140】

メッシュ443の孔は、上述のように、トナーの平均粒子径 r よりも大きく、摩擦促進粒子Pの平均粒径 R よりも小さいことが必要である。更に、図65(a)、(b)に示すように、 $6r \geq W$ 、且つ、 $2W \leq R$ とすることが好ましい。トナーの平均粒子径 r に対して $6r \geq W$ とすることで、クラウド状のトナーによるメッシュの目詰まり起こり難くなり、メッシュ433の孔を通してトナーを容易に排出し続けることができる。また、摩擦促進粒子Pの平均粒子 R に対して $2W \leq R$ とすることで、摩擦促進粒子Pの粒径分布や、連続使用で摩擦促進粒子Pが摩耗、小粒径化したときにも、メッシュ433の孔を通過しないように対応できるよう余裕度を持たせている。

【0141】

また、メッシュ433は、金属材料の他、図66で示すように、移送用静電搬送基板442との対向面が金属材料433aからなり、且つ混合物との接触面が有機樹脂433bからなる二重構造のものとしてもよい。このような構造のメッシュ433では、摩擦促進粒子Pと接触する部分が有機材料であるので、摩擦促進粒子Pに対する摩擦によるダメージが金属材料に較べて小さく、その耐久性を向上させることができる。更に、図67に示すように、有機材料からなる孔入口が金属材料からなる孔出口よりも大きくなるようにする。出口側を金属にするこKとで、後述のバイアス効果を向上させることができる。

【0142】

図68に示すように、メッシュ433として、金属材料433aで基体が形成され、トナーと接触する表面が全て絶縁性の保護膜433cで覆われたものとしても良い。この保護膜433は、電界強度劣化を起こさないよう $0.5 \sim 30 \mu\text{m}$ の薄膜とし、 SiO_2 、 SiN 、 Ta_2O_5 、ポリイミド等の材料からなっている。かかる構成のメッシュ433では、帯電したトナーと接触する表面は全て

絶縁性の保護膜 433c で覆われており、金属材料部 433a からトナーへの電荷注入をなくすことができ、帯電量を適正に保つことができる。また、金属材料部 433a とトナーとが接触しないので、現像剤の劣化も金属部と接触するものと較べて少なくすることができる。

【0143】

また、図 69 に示すように、メッシュ 433 として、有機樹脂材料 433b を基体とし、これの外面に金属材料で蒸着や電鍍による金属膜 433d を形成したものとしても良い。有機樹脂材料 433b としては、トナーを帯電させる帯電能力が高い樹脂がよい。また、金属膜 433d は、0.5～5 μ m の厚みの薄膜であり、金属膜 433d の部分を電極とし、メッシュ 433 内の帯電したトナーがメッシュ 433 の孔を通して外部に向かうような電界を形成するバイアス電圧が印加されている。かかる構成のメッシュ 433 は基体が有機樹脂材料 433b であるため、フレキシブル性と弾性に優れおり、その形状復元性が大きく、外から力が加わった場合でも、その形状を安定して保つことができる。また、メッシュ 433 内のトナーと接触することでトナーの帯電を促進することができる。また、メッシュ 433 の外側の金属膜部 433d にバイアス電圧が印加されているので、バイアス効果を向上させることができる。よって、トナーの放出効率向上させることができる。

【0144】

また、図 70 に示すように、メッシュ 433 は、有機樹脂材料からなるものと、金属材料からなるものとを張合わせで形成したものとしてもよい。有機樹脂材料は、トナーを帯電させる帯電能力が高い樹脂がよい。メッシュの張合わせは、加熱接合や、ホットプレスで形成される。有機樹脂材料からなるメッシュは、そのフレキシブル性と弾性より形状復元性を有している。また、有機材料からなるメッシュの孔は、金属材料からなるメッシュの孔よりよりも同じか大きく、摩擦促進粒子 P の平均粒径の半分以下とする。このようにすると、金属材料のメッシュが有機材料のメッシュに露出するようになる。この露出により、金属材料のメッシュに印加されたバイアス電圧によるバイアス効果を向上させることができる。よって、トナーの放出効率向上させることができる。

【0 1 4 5】

また、図 7 1 に示すように、メッシュ 4 3 3 は、外面に向かって傾斜があり、孔径が広がる形状に形成してもよい。なお、この孔の大きさは、上述のようにメッシュの長さ L 、幅 W 、厚さ T との関係が、 $500W \geq L$ 、且つ、 $W/5 \leq T \leq 3W$ の範囲であり、トナー 4 8 の平均粒子径 r 、摩擦促進粒子 P の平均粒径 R と $6r \geq W$ 、且つ、 $2W \leq R$ の範囲とする。このように、外面に向かって傾斜があることで、孔内へのトナーの付着を抑制することができる。また、開口部のバイアス効果を向上させることができ、現像効率を向上させることができる。

【0 1 4 6】

本複写機や現像装置 4 1 6 は、使用に適したトナーとして、所定の要件を満たすものが指定されている。この指定については、例えば、その要件を満たすトナーを複写機内や現像装置 4 1 6 内にセットした状態で複写機や現像装置 4 1 6 を出荷することによって行うことができる。また例えば、上記要件を満たすトナーを、複写機本体や現像装置 4 1 6 とともに梱包して出荷することによって行ってもよい。また例えば、上記要件を満たすトナーの製品番号や商品名などを、複写機本体、現像装置 4 1 6、これらの取扱説明書などに明記することによって行ってもよい。また例えば、ユーザーに対して書面や電子データ等をもって上記要件、製品番号、商品名などを通知することによって行ってもよい。

【0 1 4 7】

上記メッシュ 4 3 3 の孔の最短径箇所は、このように指定されたトナーの粒径分布に対して、80%以上のトナー粒子を通過させ得る大きさになっている。よって、混合物中における大部分のトナー粒子を移送用静電搬送基板 4 4 2 に供給することができる。なお、孔の最短径箇所については、トナー通過率を 100%よりも低くする値にすることが望ましい。かなり大きなトナー粒子の通過をある程度阻止することで、現像に寄与するトナーの粒径分布をシャープにして、安定した現像能力を得ることができるからである。

【0 1 4 8】

また、本複写機や現像装置 4 1 6 は、使用に適した摩擦促進物質として、非磁性材料からなる摩擦促進粒子を主成分とするものが指定されている。この指定に

については、トナーと同様にして行えばよい。一般に、非磁性材料は磁性材料に比べて造粒し易く、小径化や粒径分布のシャープ化も容易であるため、摩擦促進物質に安定した摩擦帯電性能を発揮させることが可能になる。また、製造コストの低減化を望むこともできる。非磁性材料としては、帯電性能に応じて有機、無機の何れを用いてもよい。トナーとして負帯電性のものが用いられる場合には、正帯電性の非磁性材料として、石英（ SiO_2 ）、ガラス、ポリアクリル樹脂、ポリアミド、ナイロン樹脂メラミン樹脂等の材料を適用することができる。また、トナーとして正帯電性のものが用いられる場合には、負帯電性の非磁性材料として、テフロン（登録商標）樹脂、ポリ塩化樹脂、ポリエチレン樹脂などを適用することができる。これらは磁場コントロールを必要としないので、簡易で耐久性の大きいキャリア材料として機能することができる。

【0149】

上記メッシュ 4 3 3 の孔の最短径箇所は、上述のように指定された非磁性材料からなる摩擦促進物質を主成分とする摩擦促進物質の粒径分布に対して、80%以上のトナー粒子の通過を阻止する大きさになっている。よって、混合物中における大部分のトナー粒子をトナー供給部 4 3 0 内に留めることができる。なお、孔の最短径箇所については、摩擦促進物質通過率を 100%よりも低くする値にすることが望ましい。これは次に説明する理由による。即ち、トナー供給部 4 3 0 内においては、混合物の攪拌搬送に伴って経時的に摩擦促進粒子を摩耗によって小径化させていく。ある程度まで小径化した摩擦促進粒子を孔に経時的に通過させていきながら、新たな摩擦促進物質を定期的に補充することで、安定したトナー帯電性能を維持することができる。なお、摩擦促進粒子はトナーと逆極性に帯電するため、孔を通過して移送用静電搬送基板 4 4 2 表面に供給されると、その表面上をトナーと逆方向に移送される。よって、現像領域まで搬送されることは極めて希であり、通常はトナー供給部 4 3 0 の近傍に滞留しながら、経時のホッピングによって破碎されていく。破碎後の微粒子の一部が現像領域に向けて搬送されることも考えられるが、極めて微細であるため、画像に悪影響を及ぼすことは少ない。

【0150】

上述のように、メッシュ 433 の孔は、非真円形で且つ長径箇所と短径箇所とを有する楕円形状になっている。このような孔をもつメッシュ 433 は、孔の配置とピッチとの工夫によって、開口率を 20～80% の範囲に容易に調整することができる。なお、開口率については、メッシュ 433 の剛性やトナー分離効率の観点から、40～60% にするのが望ましい。

【0151】

図 72 は、トナー供給装置たるトナー供給部 430 を示す斜視図である。図示のように、メッシュ 433 の孔は、その長手方向を攪拌搬送手段である搬送スクリュウ（431、432）の搬送方向に直交する方向に沿わせる姿勢で配設されている。このような配設により、メッシュ 433 の高開口率を確保しながら、その折れ曲がりを抑えることができる。具体的には、本発明者らは、楕円形状の孔を上述のような姿勢で配設すると、その長手方向を搬送スクリュウの搬送方向に沿わせる姿勢で配設する場合に比べ、メッシュ 433 の短手方向の折れ曲がりを抑え得ることを見出した。これは、前者の配設にした方が、より強いリブ構造を構成し得るためと考えられる。なお、短手方向の折れ曲がりが生ずるのは次の理由による。即ち、トナー供給部 430 内の混合物質は、スクリュウ軸線方向に搬送されながらメッシュ 433 を押圧することで、メッシュ 433 に対して長手方向に延在する線状の押圧軌跡をたどる。このような線状の押圧軌跡により、メッシュ 433 が短手方向に折れ曲がり易くなるのである。なお、メッシュ 433 の長手方向の大きさは、120～300 [mm] 程度である。また、短手方向の大きさは、5～20 [mm 程度] である。

【0152】

上述のように、攪拌搬送手段の一部である 2 つの搬送スクリュウ（431、432）は、回転軸（431a、432a）と、この表面に螺旋状に突設せしめられた螺旋突起 431b、432b とを有する回転部材となっている。このような搬送スクリュウは、混合物を螺旋移動させながら軸線方向に搬送することにより、メッシュ 433 との対向位置でトナーを消費した混合物をそこから待避させながら新たな混合物をそこに供給するという混合物の新旧入れ替えを行うことができる。よって、トナーを消費した混合物を待避させずにメッシュ 433 との対

向位置で搬送し続けることによるトナー供給性能の低下を回避することができる。なお、螺旋突起 431b, 433b として、金属等の剛性材料からなるものに代えて、複数の起毛からなるブラシを用いると、混合物の攪拌効率をより高めることができる。

【0153】

本複写機においては、使用に適した摩擦促進物質として、単一材料からなる摩擦促進粒子を主成分とするものと、2以上の材料からなる摩擦促進粒子を主成分とするもののうち、何れを指定してもよい。

【0154】

単一材料からなる摩擦促進粒子を主成分とする摩擦促進物質を指定した場合には、摩擦促進粒子を経時で摩耗しても、その表面材料を変化させないため、長期間安定した帯電性能を得ることができる。その材料としては、耐摩耗性に優れ、飽和帯電量が一定で、しかも帯電分布の小さなものが望ましい。例えば、 $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{SiO}_2$ 、 Na_2SiO_3 、 $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ 、 Al_2O_3 、 Si_3N_4 、 TiO_2 、 ZrO_2 など、高剛性で帯電能力に優れた無機材料が挙げられる。また、ポリアクリル樹脂、ポリアミド、ナイロン樹脂メラミン樹脂などの有機材料でもよい。摩擦促進粒子を単一材料で構成しても、その比重については、結晶化度を調整したり、微結晶の集合体の焼結体で微細気孔率をもたせたりすることで調整することができる。

【0155】

2以上の材料からなる摩擦促進粒子を主成分とする摩擦促進物質を指定した場合には、帯電性に優れた材料と、耐久性に優れた材料との組合せにより、優れた帯電性能を得ながら、摩擦促進粒子の補充頻度を少なくすることができる。帯電性、耐久性、耐湿度性及び高比重を実現し得る材料としては、 $\text{BaTiO}_3 \cdot \text{SiO}_2$ 、 Na_2SiO_3 、 $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ 、 Al_2O_3 、 Si_3N_4 、 TiO_2 、 ZrO_2 などが挙げられる。これらを直径 $0.5 \sim 20 \mu\text{m}$ の粒子内に適当な比率で混ぜ合わせてバインダーを加え、スプレー法や凝集法で粒状形成した後、乾燥や焼結を施せばよい。また、ポリアクリル樹脂、ポリアミド、ナイロン樹脂メラミン樹脂などの有機材料を、直径 $0.5 \sim 50 \mu\text{m}$ の粒子内に適当な比

率で混ぜ合わせ、有機溶媒やバインダーを加えた後、スプレー法やノズル噴射法で粒界結合せしめてもよい。

【0156】

使用に適した摩擦促進物質として、芯材に表面層が被覆された摩擦促進粒子を主成分とするものを指定してもよい。比重の適正化が図られた芯材の表面に、帯電性能を有する有機材料や無機材料を用いて表面層を被覆した摩擦促進粒子である。耐久性にやや難があるが、比重や帯電性を容易に調整し得るので、優れた帯電性能を得ることができる。負帯電性のトナーが用いられる場合には、正帯電性の表面材料として、石英 (SiO_2)、ガラス、ポリアクリル樹脂、ポリアミド、ナイロン樹脂メラミン樹脂等を用いることができる。また、正帯電性のトナーが用いられる場合には、負帯電性の表面材料として、テフロン (登録商標) 樹脂、ポリ塩化樹脂、ポリエチレン樹脂等を用いることができる。これらのうち、有機材料については、溶液や熔融液に溶かしてスプレー塗布したり、浸漬法等でコートしたりして表面層を形成することができる。表面層の厚みは $1 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度が好適である。無機材料からなる帯電機能をもつ直径 $0.5 \sim 15 \mu\text{m}$ の微細粒子材料をバインダーとともに分散させた懸濁液にキャリア芯材を浸漬し、表面コートし、焼き付けや接合反応させてもよい。

【0157】

図 73 は、実施形態に係る複写機の第 1 変形例装置を示す概略構成図である。この第 1 変形例装置 500 は、ブラック (Bk)、イエロー (Y)、シアン (C)、マゼンダ (M) の 4 色でフルカラー画像を形成するものであり、それぞれの色用のプロセスカートリッジ 502 Bk, Y, C, M を備えている。なお、各色のプロセスカートリッジはほぼ同じ構成であるので、以下、Bk, Y, C, M の符号を必要に応じて省略して説明する。

【0158】

プロセスカートリッジ 502 は、図 74 に示すように、感光体 501、帯電手段 515、除電ランプ 526、クリーニング手段 525、現像装置 516 がユニット化されたもので、複写機本体に対して着脱可能になっている。そして、寿命到達時に交換される。

【0 1 5 9】

現像装置 5 1 6 は、トナー搬送部 5 4 0、トナー供給部 5 3 0 の他に、トナー補給部 5 0 を備えている。トナー補給部 5 0 内には図示しない補給用のトナーが收容されており、補給用回転部材 5 5 1 の回転駆動によってトナー供給部 5 3 0 の第 1 收容室 5 3 6 内に適宜補給される。トナー供給部 5 3 0 内では、実施形態の複写機と同様にして、2 つの收容室間でトナーと摩擦促進物質との混合物が循環搬送される。そして、第 2 收容室 5 3 7 内で攪拌搬送される過程で、混合物中のトナーがメッシュ 5 3 3 の篩い機能に分離されてトナー搬送部 5 4 0 内に供給される。トナー搬送部 5 4 0 内には、移送用静電搬送基板 5 4 2 が配設されている。この移送用静電搬送基板 5 4 2 の搬送領域 5 4 2 a には、そのベースに変形自在な材料が用いられている。これにより、搬送領域 5 4 2 a はフレキシブル部になっており、搬送初期にはトナーを重力に逆らって移送し、且つ搬送後期にはトナーを斜め上方に搬送するように、湾曲した姿勢をとっている。移送用静電搬送基板 5 4 2 の現像領域や回収領域のベースには板部材が用いられているため、フレキシブルに変形することがなく、ほぼ水平の姿勢をとるように配設されている。かかる移送用静電搬送基板 5 4 2 でも、トナーを E T H 現象によってホッピングさせながら感光体 5 0 1 に対向する現像領域に向けて搬送することができる。現像に寄与しないで回収領域まで搬送されたトナーは、移送用静電搬送基板 5 4 2 の端からこぼれ落ちた後、テーパ面に沿って下って第 2 收容室 5 3 7 に戻される。

【0 1 6 0】

プロセスカートリッジ 5 0 2 B k, Y, C, M の図中左側方には、それぞれ光書込装置 5 0 1 B k, Y, C, M が配設されており、それぞれ対応するカートリッジの感光体を光走査する。具体的には、図示しないスキャナ装置から送られてくる各色用の画像データに応じて変調されたレーザビームを出射する半導体レーザ、コリメートレンズ、ポリゴンミラー等の光偏向器、走査結像用光学系などを用いて光走査する。

【0 1 6 1】

プロセスカートリッジ 5 0 2 B k, Y, C, M の図中右側方には、紙搬送ベル

ト 5 0 6 を無端移動させるベルトユニットが配設されている。紙搬送ベルト 5 0 6 のループ内には、ベルトを介してプロセスカートリッジ 5 0 2 B k, Y, C, M に対向する図示しない転写手段が配設されている。

【0 1 6 2】

複写機本体の下部には、転写紙束を収容している給紙手段 5 0 3 が配設されており、転写紙束の一番上の転写紙が給紙コロ 5 0 4 によって所定のタイミングで給紙路に送られる。そして、レジストローラ対 5 0 5 を経て、紙搬送ベルト 5 0 6 に供給される。紙搬送ベルト 5 0 6 は、その無端移動に伴って転写紙をプロセスカートリッジ 5 0 2 B k, Y, C, M との対向位置に順次通過させていく。この過程で、転写紙上に B k, Y, C, M トナー像が順次重ね合わせて転写されてフルカラー画像が形成される。このようにしてフルカラー画像が形成された転写紙は、紙搬送ベルト 5 0 6 から定着手段 5 0 8 に受け渡された後、排紙ローラ対 5 1 0 を経て機外のスタック部 5 1 1 にスタックされる。

【0 1 6 3】

図 7 5 は、実施形態に係る複写機の第 2 変形例装置を示す概略構成図である。この第 2 変形例装置は、水平方向に細長く張架されながら無端移動せしめられる転写ベルト 5 5 1 に沿って、4 色のプロセスカートリッジ 5 6 0 Y、5 6 0 M、5 6 0 C、5 6 0 B k が並行配設されている。なお、以下、必要に応じて Y, M, C, B k の符号を省略して説明する。

【0 1 6 4】

図 7 6 に示すように、プロセスカートリッジ 5 6 0 は、感光体 5 6 1、帯電手段 5 6 2、現像装置 5 6 3、クリーニング装置 5 6 4 などが一体的に形成されたカートリッジであり、複写機本体に対して着脱可能に構成されている。

【0 1 6 5】

現像装置 5 6 3 は、トナー供給部 5 7 0 内に第 1 搬送スクリュウ 5 7 1、第 2 搬送スクリュウ 5 7 2 を有しており、それぞれ第 1 収容室 5 7 3、第 2 収容室 5 7 4 内の混合物を軸線方向に攪拌搬送する。そして、第 2 収容室 5 7 4 の側壁に設けられたメッシュ 5 7 5 の篩い機能によって混合物中のトナーを分離してトナー搬送部 5 7 6 に供給する。供給されたトナーは、フレキシブル部と基板部とを

有する移送用静電搬送基板 577 表面上で、ETH 現象によってホッピングしながら現像領域に向けて搬送されて、感光体 561 上の静電潜像を現像する。現像に寄与しなかったトナーは、移送用静電搬送基板 577 の端から落下した後、トナー搬送部 576 の底面のテーパーに沿って自重で第 1 収容室 573 内に戻される。

【0166】

各色のプロセカートリッジ 560Y、560M、560C、560Bk で現像された感光体上のトナー像は、それぞれ転写ベルト 551 上に重ね合わせ転写されて 4 色トナー像となる。この 4 色トナー像は、転写ベルト 551 と、2 次転写ローラ 552 との当接によって形成された 2 次転写ニップにて、タイミングを合わせて搬送されてくる転写紙 553 上に一括 2 次転写される。そして、転写紙 553 の白色と相まってフルカラー画像となる。

【0167】

【発明の効果】

請求項 1 乃至 20 の発明によれば、ETH 現象による低電位現像を実現しつつ、コロナ放電によるトナー飛散やオゾンを生ずることなく、トナーの帯電不良による悪影響を抑えることができるという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

実施形態に係る複写機の現像装置等を示す概略構成図。

【図 2】

同現像装置の静電搬送基板を示す平面説明図。

【図 3】

図 2 の A-A 線に沿う断面説明図。

【図 4】

図 2 の B-B 線に沿う断面説明図。

【図 5】

図 2 の C-C 線に沿う断面説明図。

【図 6】

図 2 の D - D 線に沿う断面説明図。

【図 7】

同静電搬送基板に与える駆動波形の一例を説明する説明図。

【図 8】

トナーの搬送、ホッピングの説明に供する説明図。

【図 9】

トナーの搬送、ホッピングの具体例の説明に供する説明図。

【図 1 0】

同現像装置の駆動回路の一例を示すブロック図。

【図 1 1】

搬送電圧パターン及び回収搬送電圧パターンの駆動波形の一例を示す説明図。

【図 1 2】

ホッピング電圧パターンの駆動波形の一例を示す説明図。

【図 1 3】

ホッピング電圧パターンの駆動波形の他の例を示す説明図。

【図 1 4】

ホッピングの原理の説明に供するシミュレーション対象領域の説明図。

【図 1 5】

電極近傍の電界ベクトルの説明に供する説明図。

【図 1 6】

印加電圧とホッピング方向電界と 0 V 電極センターからの高さの関係の一例を説明する説明図。

【図 1 7】

印加電圧に対する Y 方向速度及びホッピング高さの関係の一例を説明する説明図。

【図 1 8】

E T H 現像におけるホッピング電圧パターンの駆動波形を印加して現像を開始する直前 (0 μ s e c 後) のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 1 9】

同じく $100\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 20】

同じく $200\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 21】

同じく $300\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 22】

同じく $500\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 23】

同じく $1000\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 24】

同じく $1500\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 25】

同じく $2000\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 26】

同じく現像終了後回収搬送電圧パターンの駆動波形を印加して $100\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 27】

同じく $200\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 28】

同じく $400\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 29】

同じく $700\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 30】

同じく $1000\mu\text{s}$ 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 31】

ホッピング電圧パターン用波形増幅器の一例を説明する説明図。

【図 32】

同波形増幅器の説明に供する各部の波形の説明図。

【図 33】

回収搬送電圧パターン及び搬送電圧パターン用波形増幅器の一例を説明する説明図。

【図 3 4】

同波形増幅器の説明に供する各部の波形の説明図。

【図 3 5】

同装置の搬送基板の電極幅及び電極間隔の説明に供する説明図。

【図 3 6】

電極幅と 0 V 電極端の電界（X 方向）の関係の一例を説明する説明図。

【図 3 7】

電極幅と 0 V 電極端の電界（Y 方向）の関係の一例を説明する説明図。

【図 3 8】

表面保護層の膜厚と電界強度の関係の一例を説明する説明図。

【図 3 9】

表面保護層の膜厚と電界強度の関係の説明に供する説明図。

【図 4 0】

表面保護層の膜厚と電界強度の関係の説明に供する説明図。

【図 4 1】

同現像装置の変形例を説明する概略構成図。

【図 4 2】

同現像装置の回収搬送電圧パターンの駆動波形の説明図。

【図 4 3】

同回収搬送電圧パターンの駆動波形を生成する波形増幅器の一例を説明する説明図。

【図 4 4】

同回収搬送電圧パターンの駆動波形を印加して 1 0 0 0 μ s e c 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 4 5】

同回収搬送電圧パターンのバイアス電圧を + 1 0 0 V にした駆動波形を印加して 1 0 0 0 μ s e c 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 4 6】

同回収搬送電圧パターンのバイアス電圧を + 1 5 0 V にした駆動波形を印加して 1 0 0 0 μ s e c 後のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 4 7】

更なる他の変形例におけるホッピング電圧パターンの駆動波形を説明する説明図。

【図 4 8】

同ホッピング電圧パターンの駆動波形を生成する波形増幅器の一例を示す説明図。

【図 4 9】

現像終了時のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 5 0】

回収搬送電圧パターンの駆動波形を印加した後 1 0 0 0 μ s e c を経過した時のトナー位置の説明に供する説明図。

【図 5 1】

更なる他の変形例における要部概略構成図。

【図 5 2】

更なる他の変形例における要部概略構成図。

【図 5 3】

更なる他の変形例におけるホッピング電圧パターンの駆動波形生成用の波形増幅器を説明する説明図。

【図 5 4】

現像バイアス電圧とトナー付着量の関係の一例を説明する説明図。

【図 5 5】

更なる他の変形例における要部概略構成図。

【図 5 6】

シミュレーションで用いたトナーの半径分布を示す説明図。

【図 5 7】

シミュレーションで用いたトナーの帯電量 Q/m 分布を示す説明図。

【図 5 8】

実施形態に係る複写機を示す概略構成図。

【図 5 9】

同複写機の現像装置の要部構成と、感光体とを示す拡大構成図。

【図 6 0】

同現像装置のトナー供給部を示す平断面図。

【図 6 1】

同トナー供給部を示す縦断面図。

【図 6 2】

同トナー供給部を示す横断面図。

【図 6 3】

(a)、(b) 及び (c) はそれぞれメッシュ形成工程を示す説明図。

【図 6 4】

(a) 及び (b) はエレクトロホーミングによるメッシュ形成を示す説明図。

【図 6 5】

(a) はメッシュの孔とトナー平均粒子径 r との関係の説明図。

(b) はメッシュの孔とキャリアの平均粒径 R との関係の説明図。

【図 6 6】

他のメッシュの構成を示す説明図。

【図 6 7】

更なる他のメッシュの構成を示す説明図。

【図 6 8】

更なる他のメッシュの構造を示す説明図。

【図 6 9】

更なる他のメッシュの構造を示す説明図。

【図 7 0】

更なる他のメッシュの構造を示す説明図。

【図 7 1】

更なる他のメッシュの構造を示す説明図。

【図 7 2】

同トナー供給部を示す斜視図。

【図 7 3】

同複写機の第 1 変形例装置を示す概略構成図

【図 7 4】

同第 1 変形例装置のプロセカートリッジを示す要部構成図。

【図 7 5】

同複写機の第 2 変形例装置を示す概略構成図

【図 7 6】

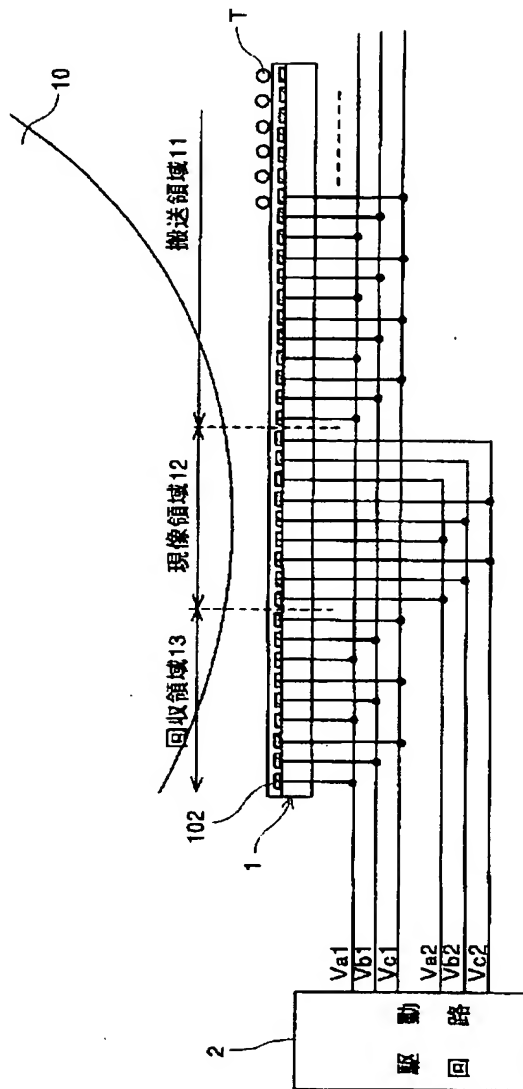
同第 2 変形例装置のプロセカートリッジを示す要部構成図。

【符号の説明】

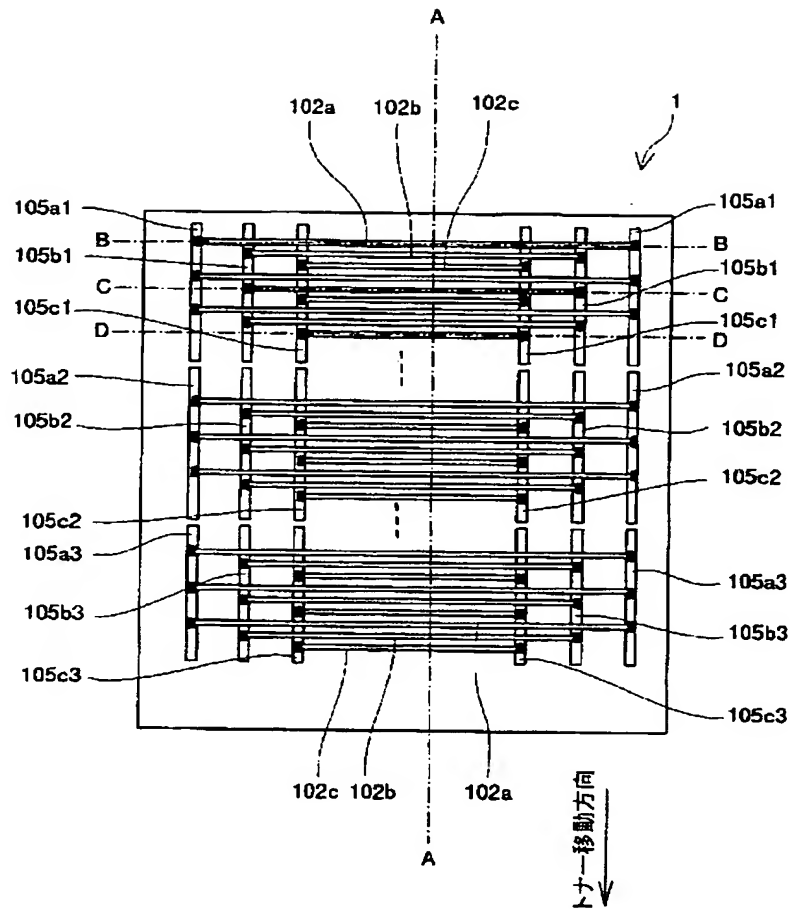
1、4 1、6 1	静電搬送基板
2	駆動回路
1 0	感光体
1 1	搬送領域
1 2	現像領域
1 3	回収領域
1 0 1	ベース基板
1 0 2	電極
4 0 1	感光体（潜像担持体）
4 0 5、4 0 8	走査光学系
4 1 6	現像装置
5 2 3	現像装置

【書類名】 図面

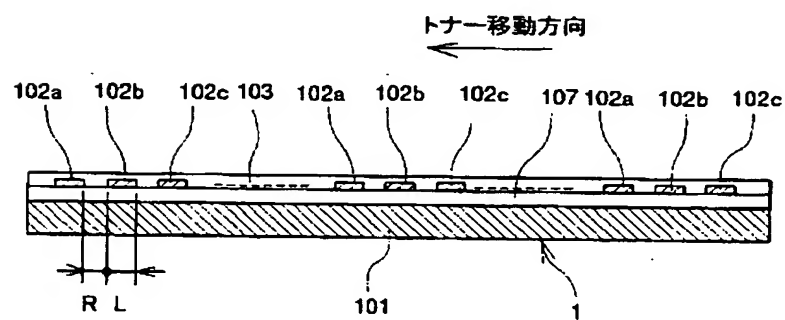
【図 1】



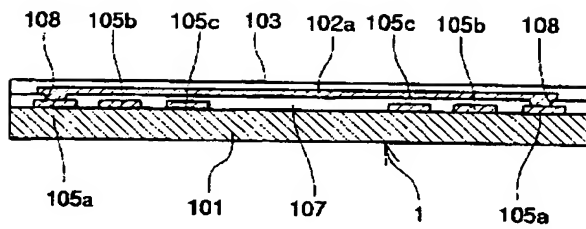
【図 2】



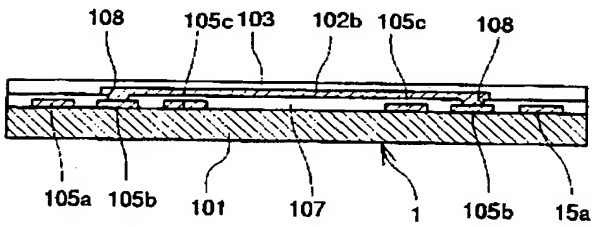
【図 3】



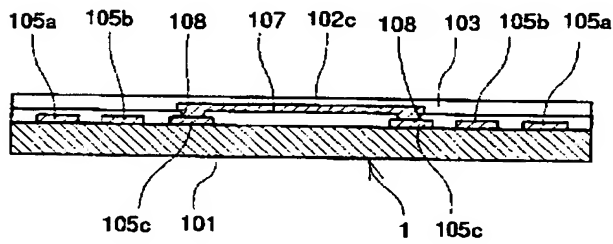
【図 4】



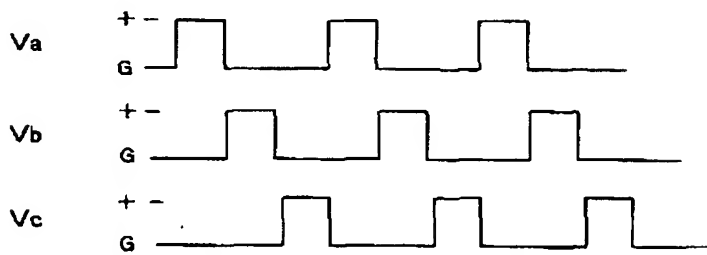
【図 5】



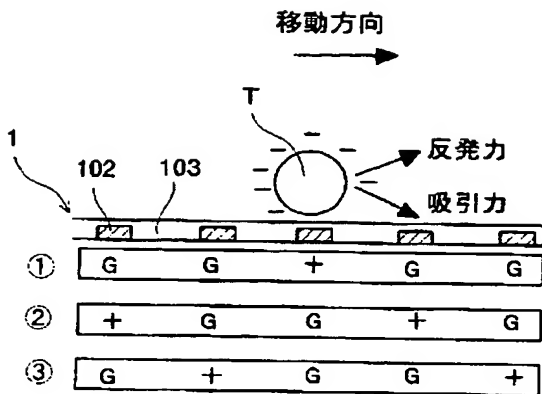
【図 6】



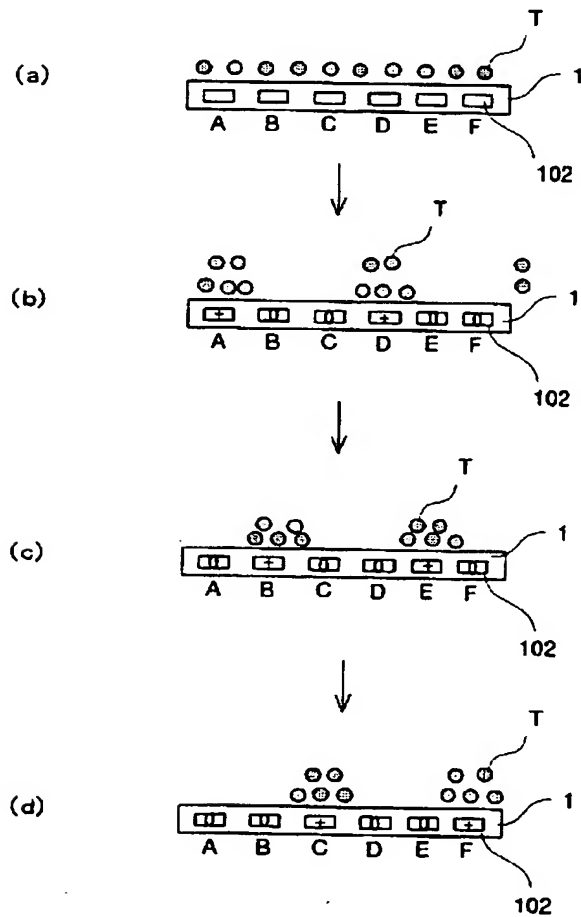
【図 7】



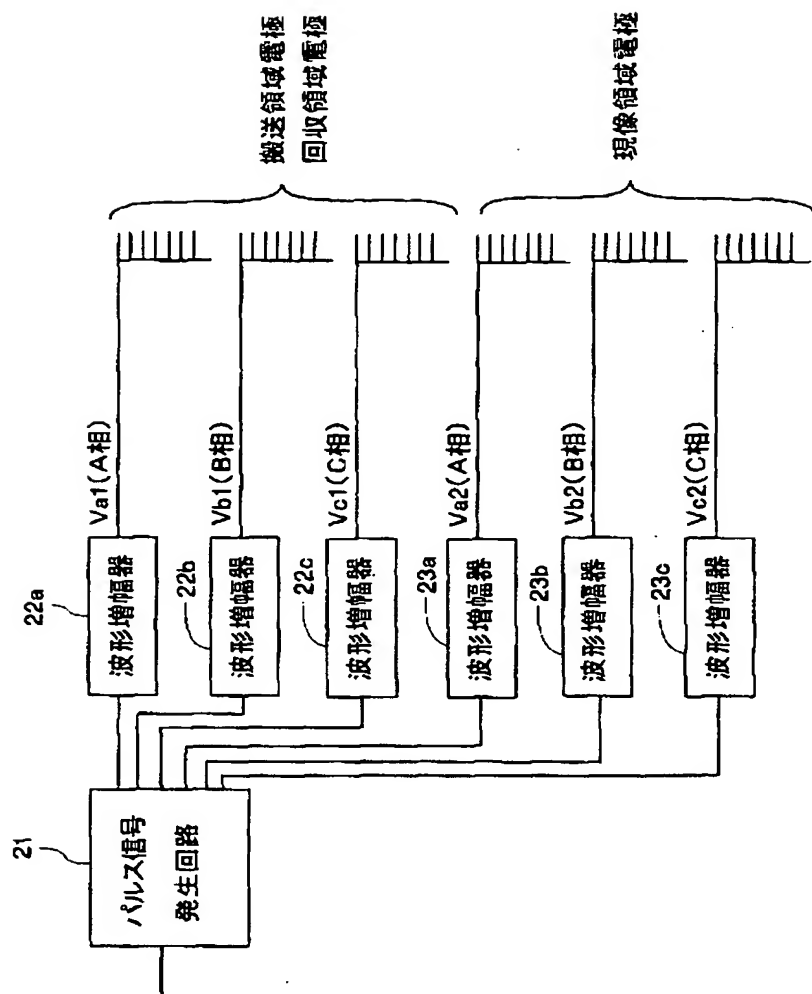
【図 8】



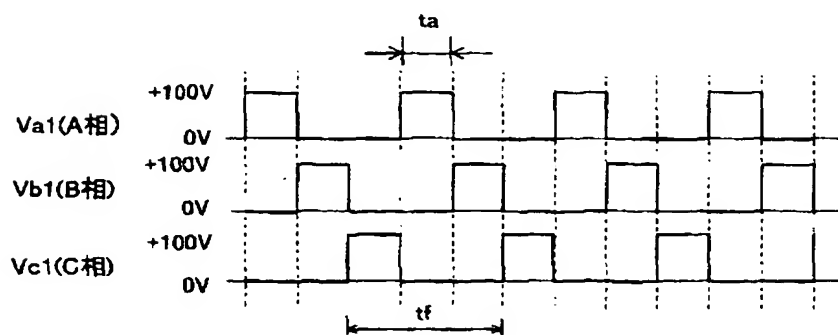
【図 9】



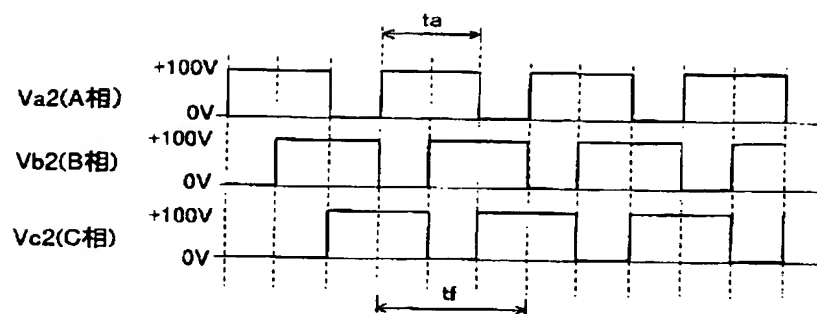
【図 10】



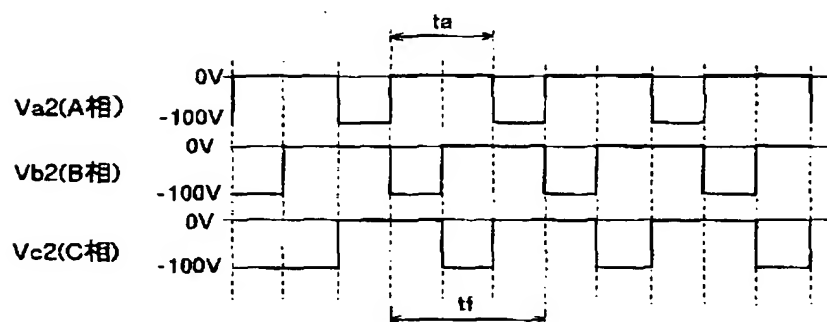
【図 11】



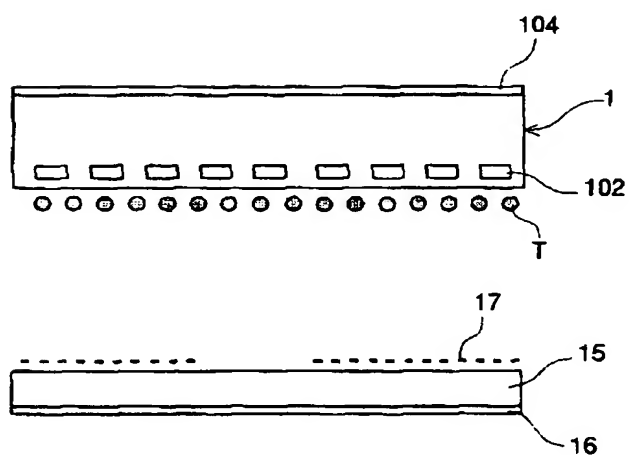
【図 12】



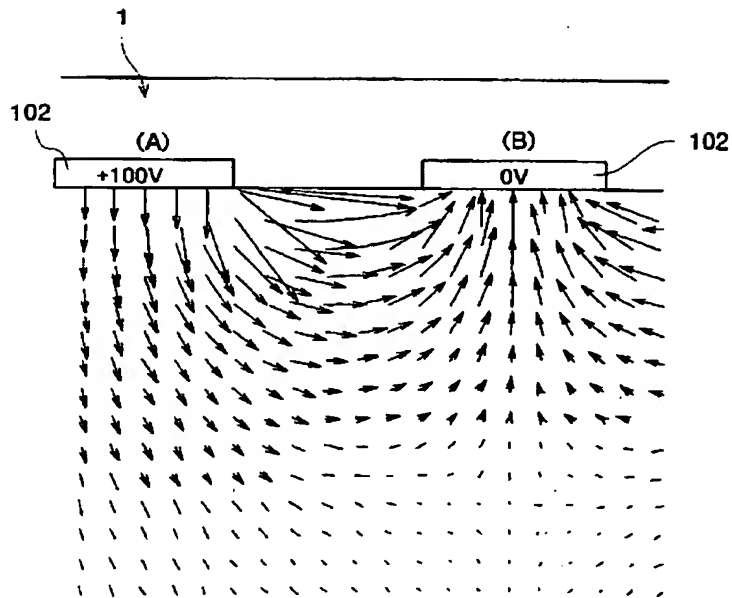
【図 13】



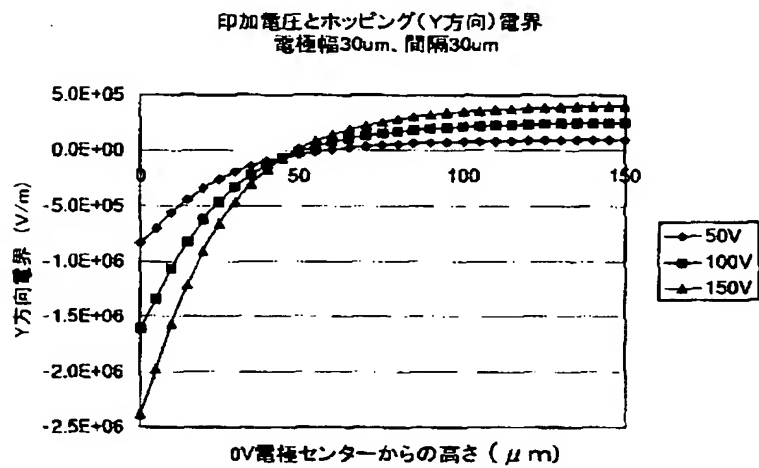
【図 14】



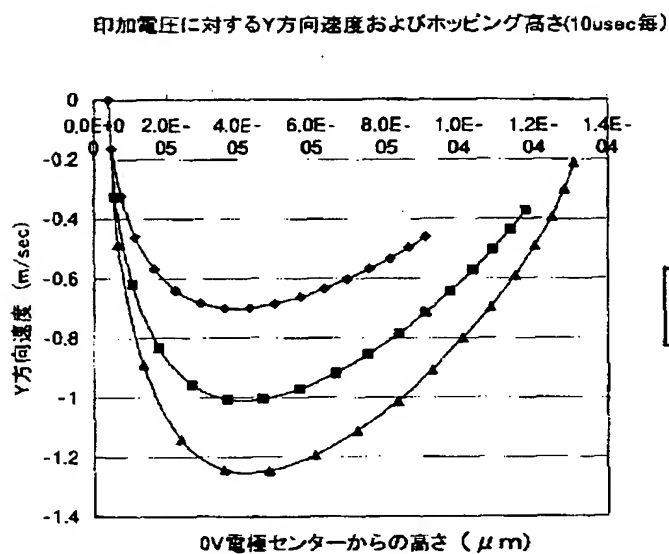
【図 15】



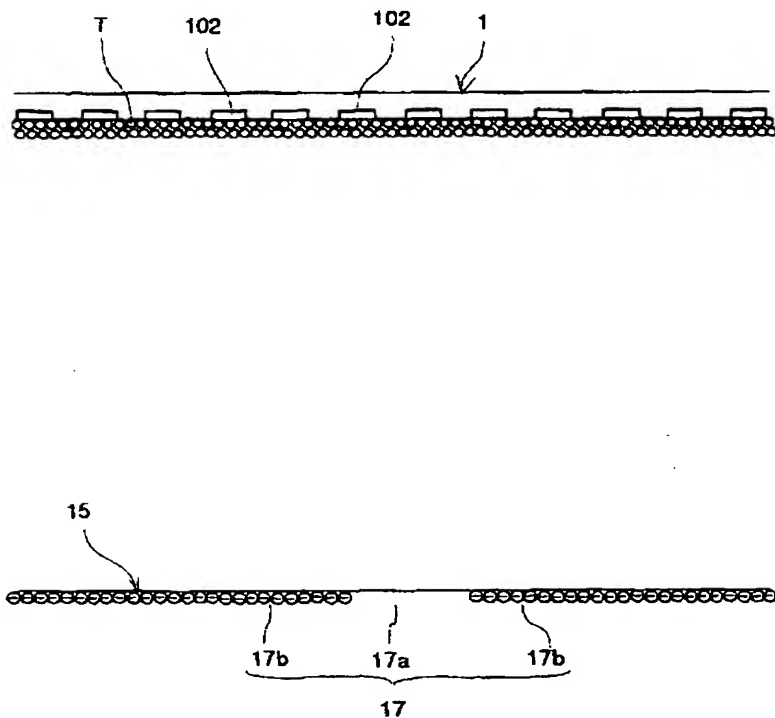
【図 16】



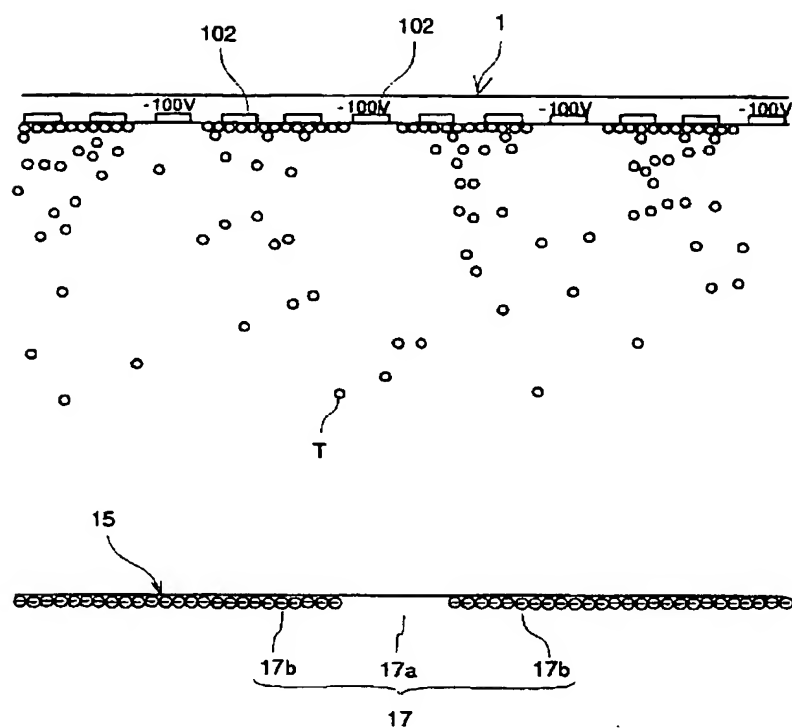
【図 17】



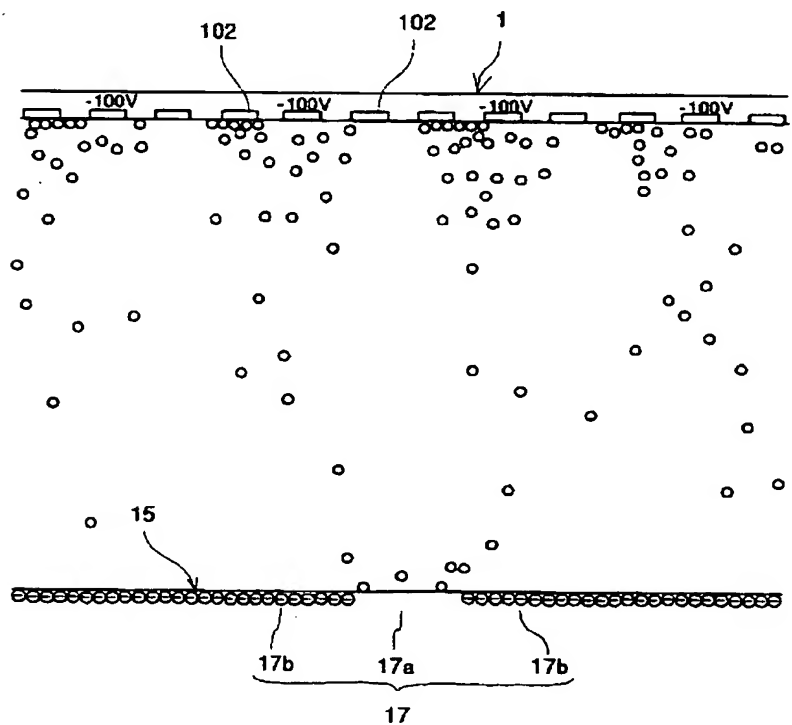
【図 18】



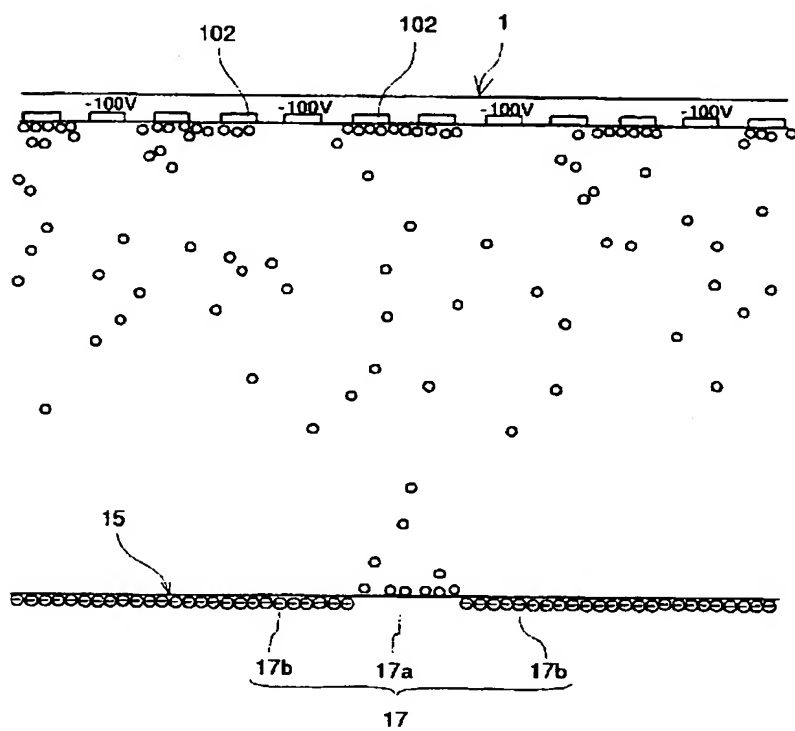
【図 19】



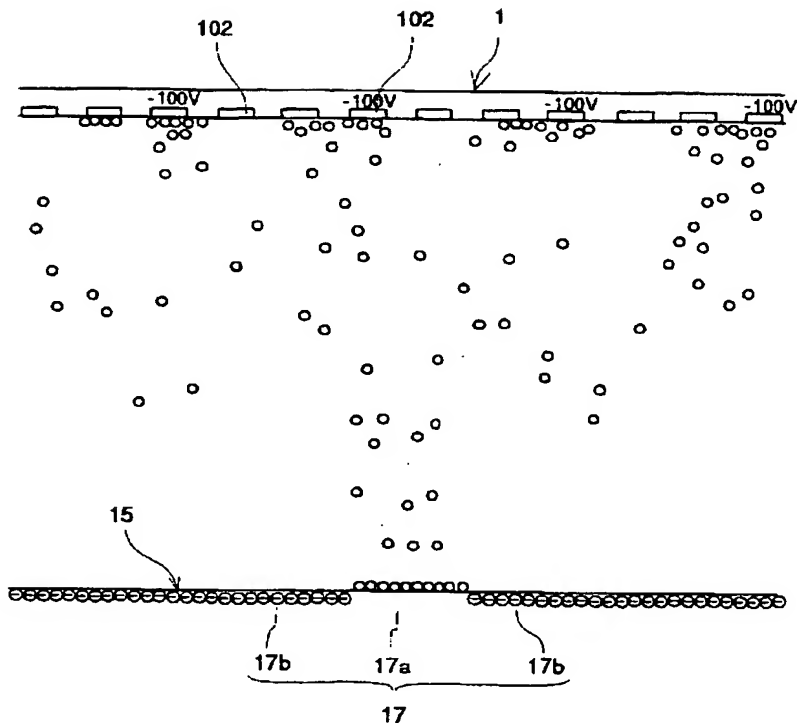
【図 20】



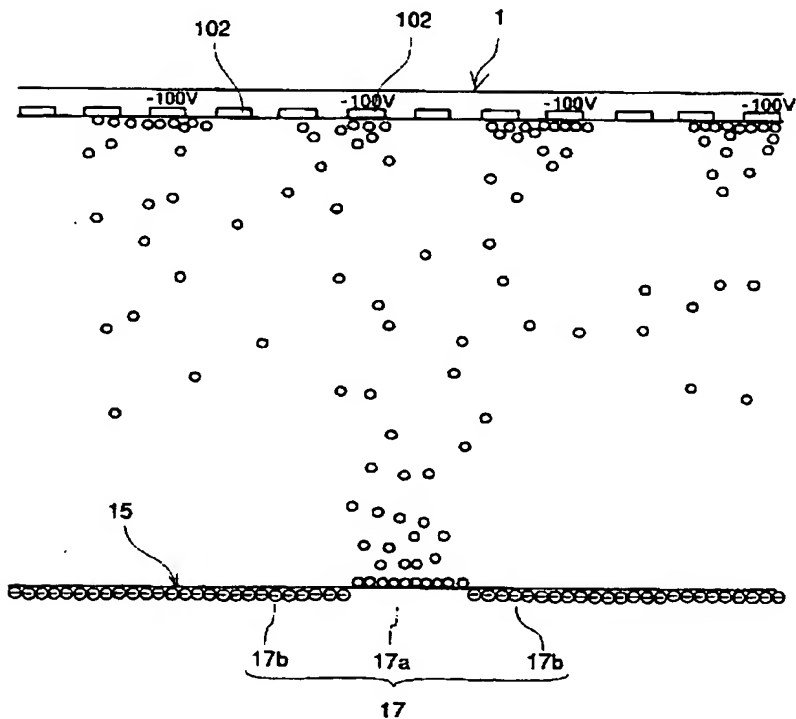
【図 21】



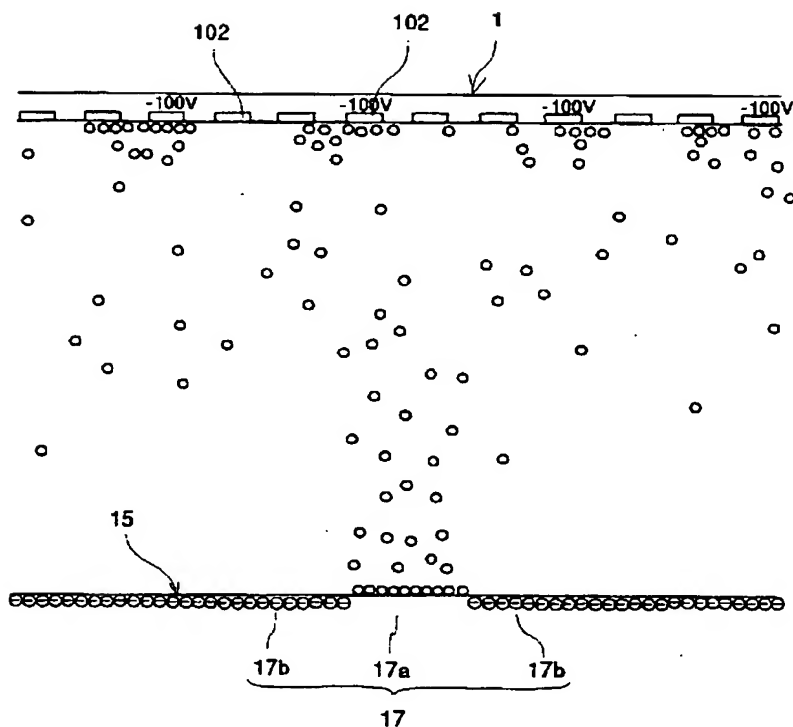
【図 22】



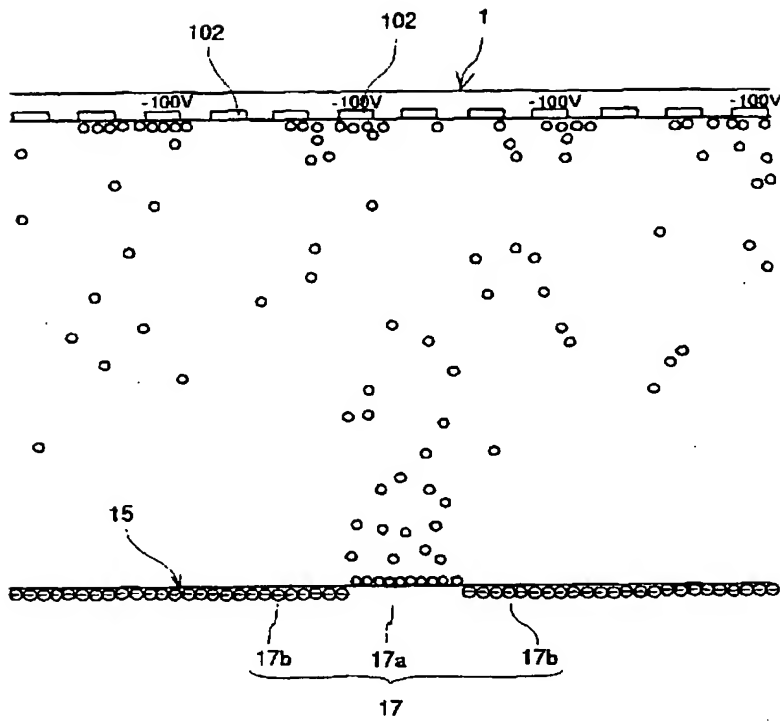
【図 23】



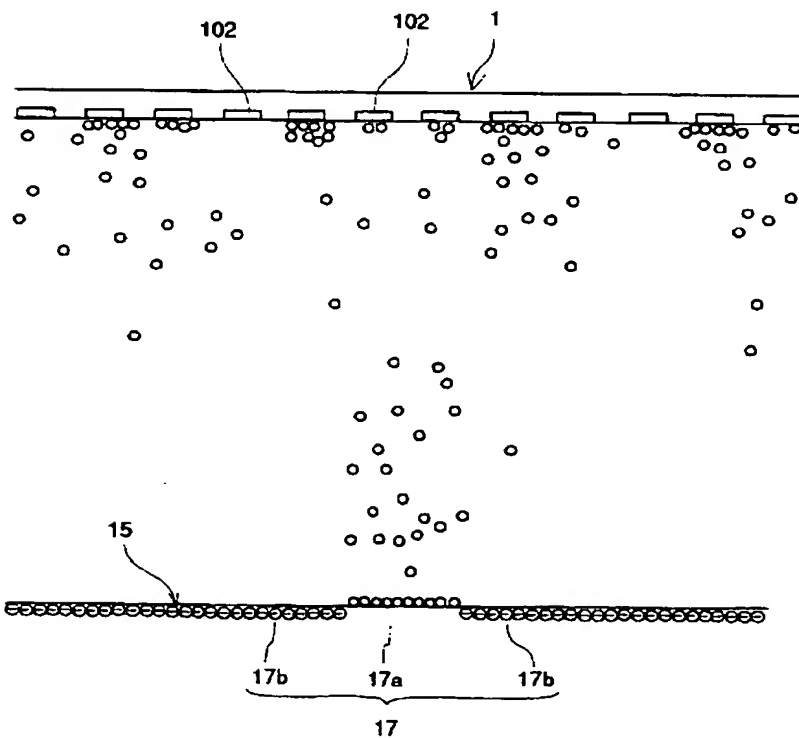
【図 24】



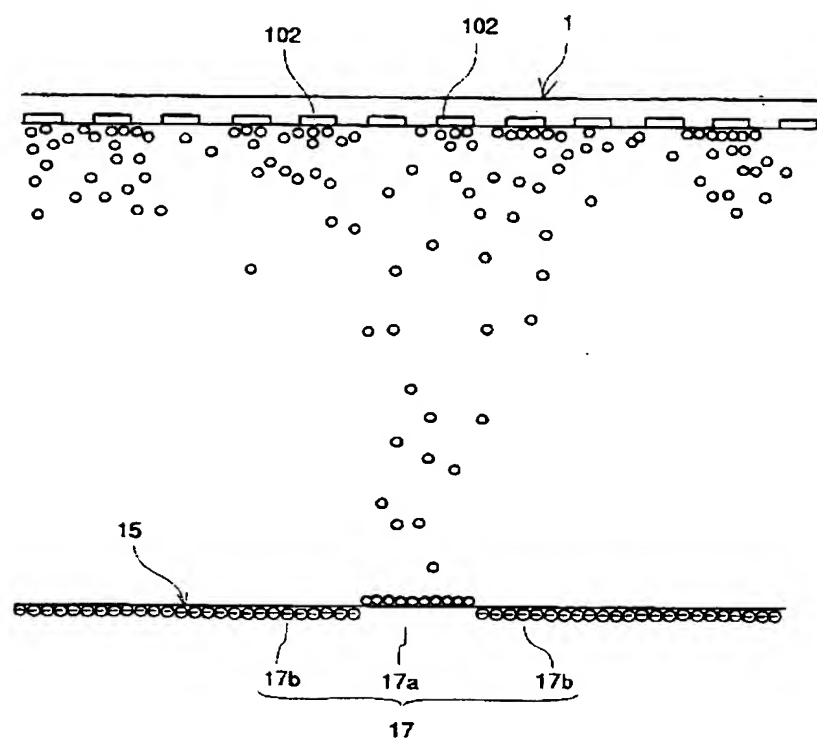
【図 25】



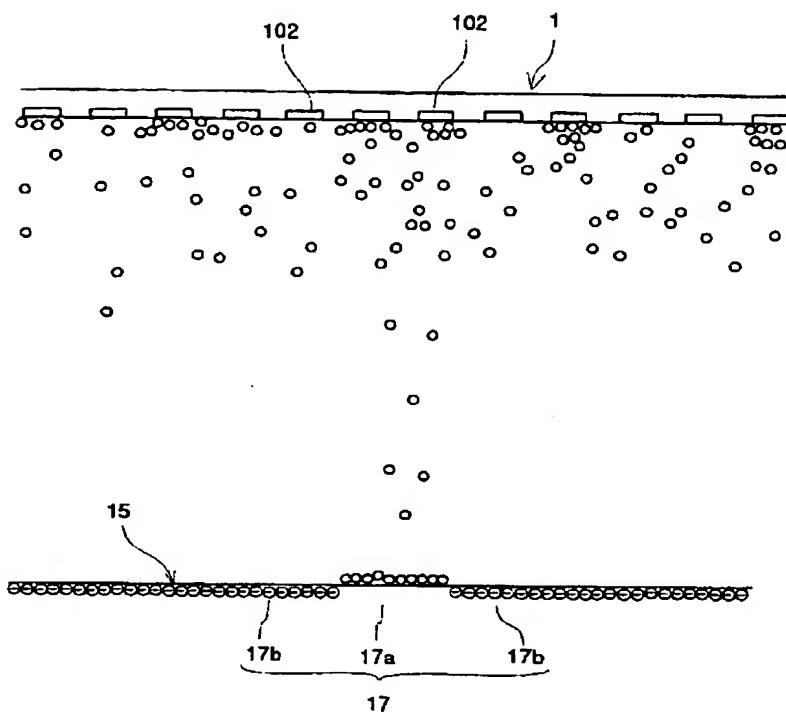
【図 26】



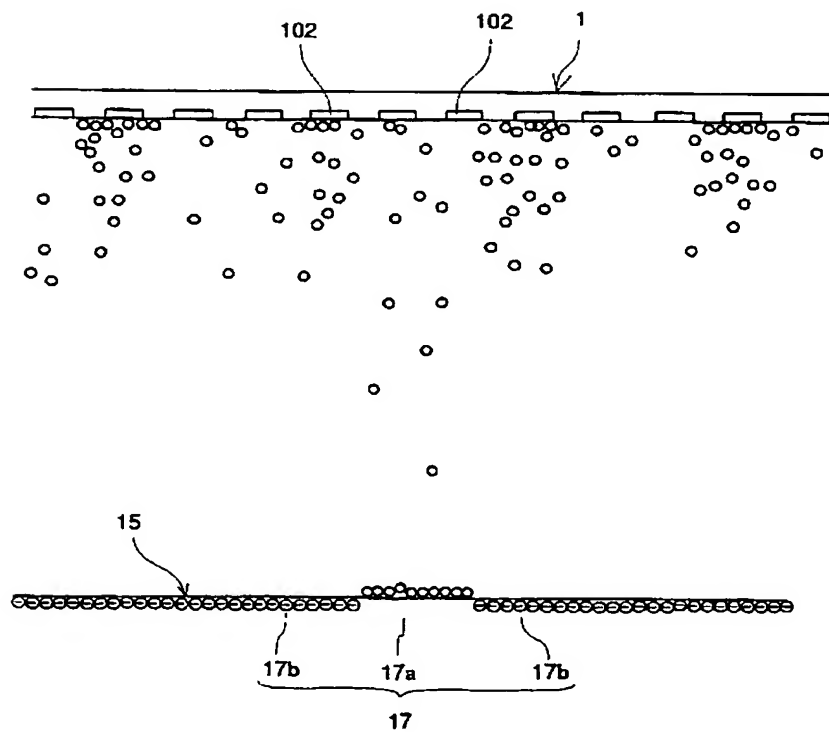
【図 27】



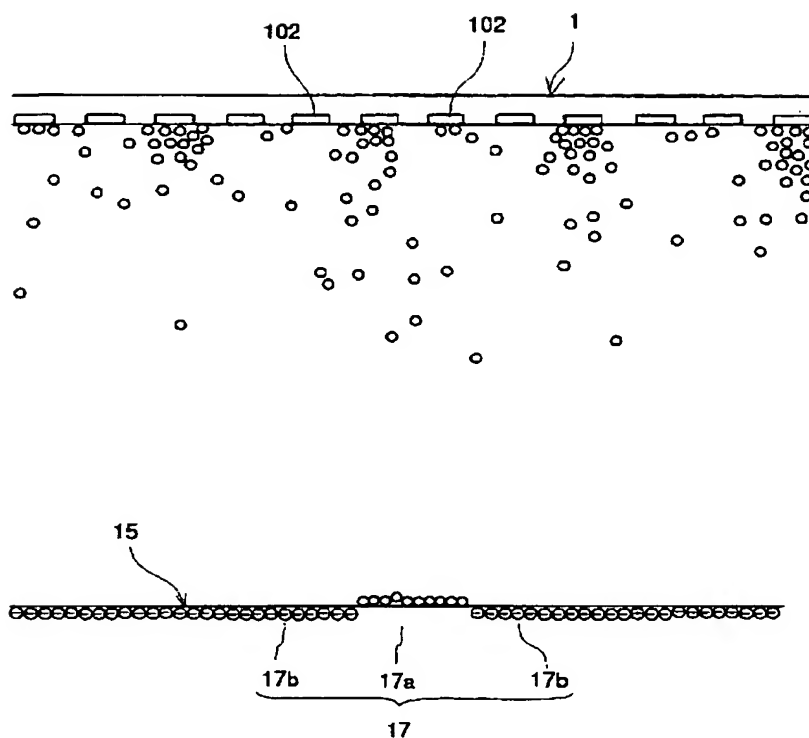
【図 28】



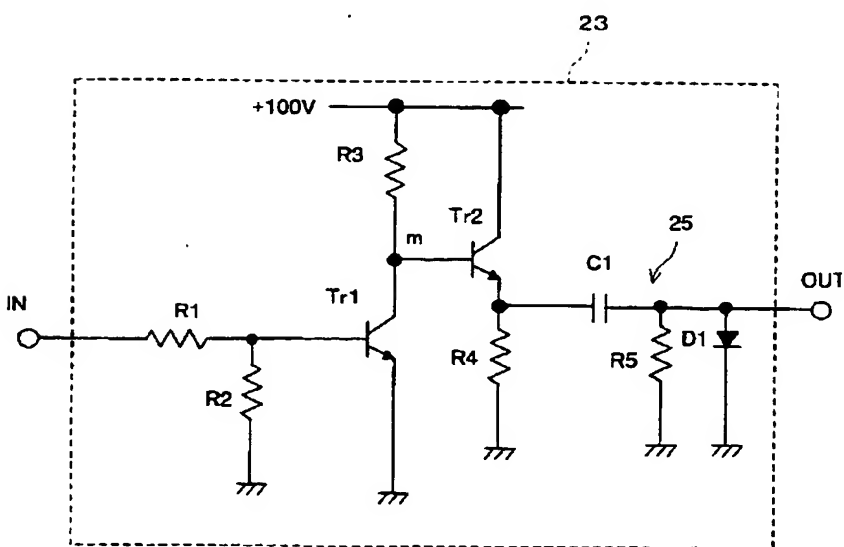
【図 29】



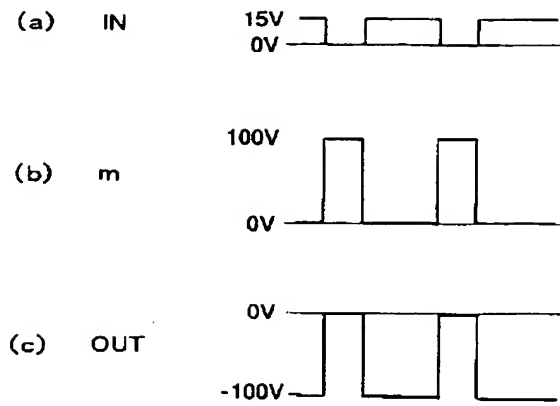
【図 30】



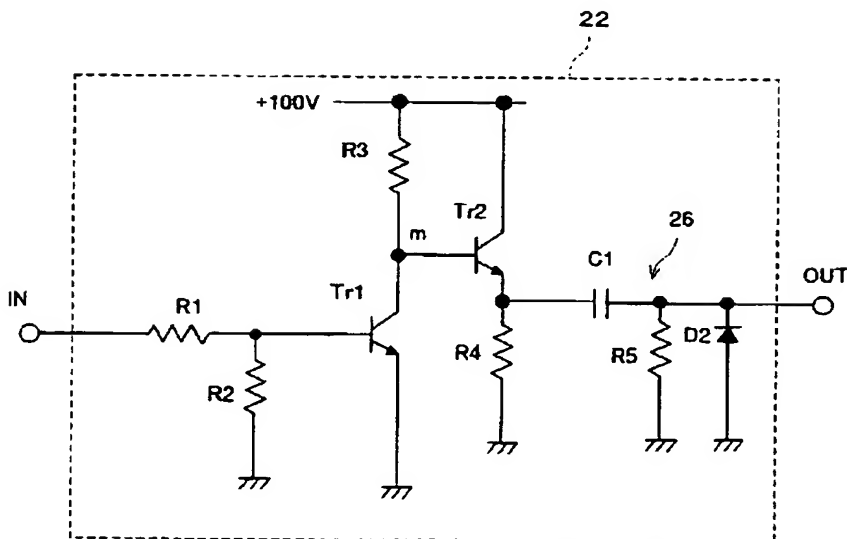
【図 31】



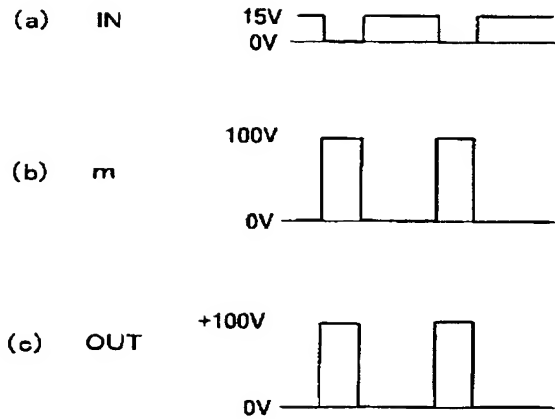
【図 3 2】



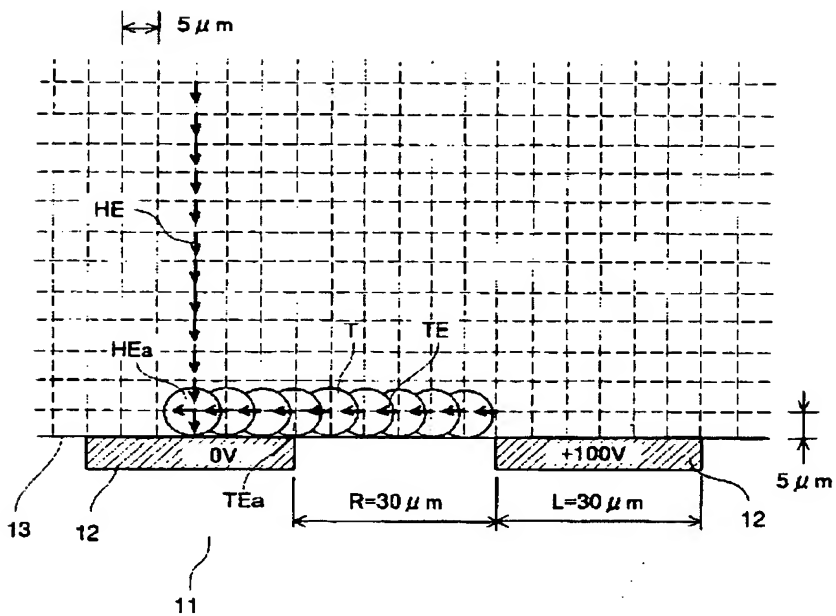
【図 3 3】



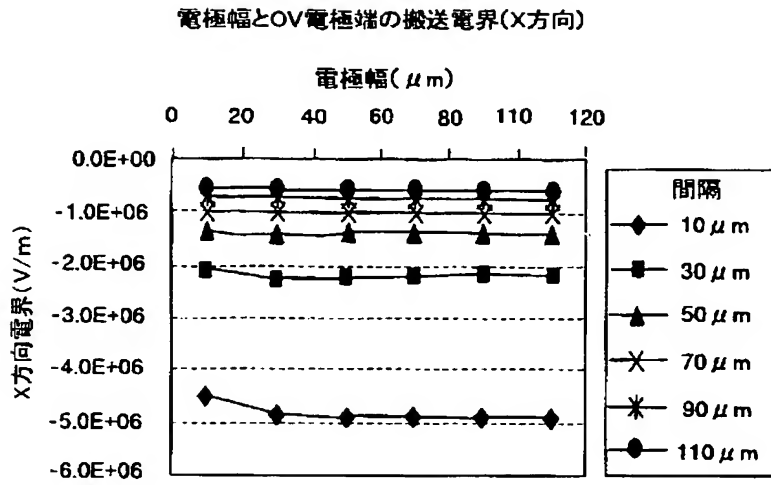
【図 3 4】



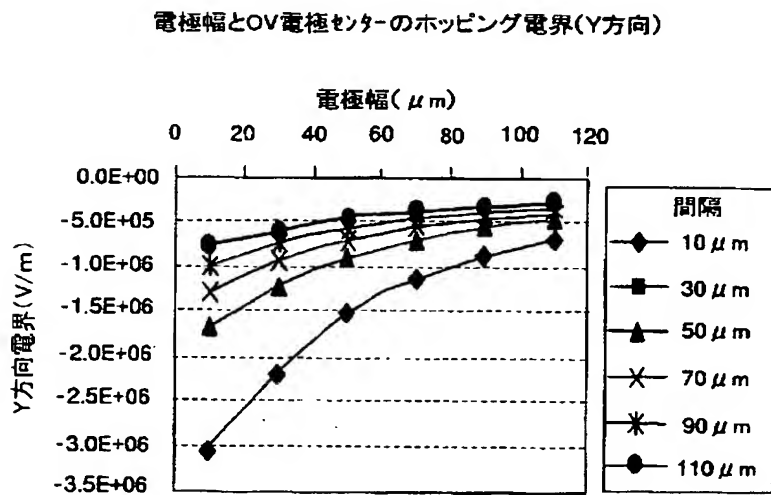
【図 3 5】



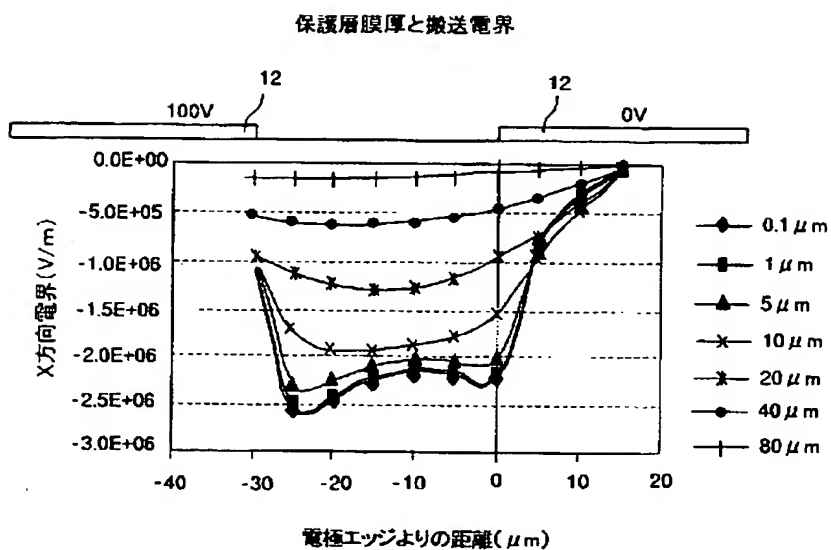
【図 36】



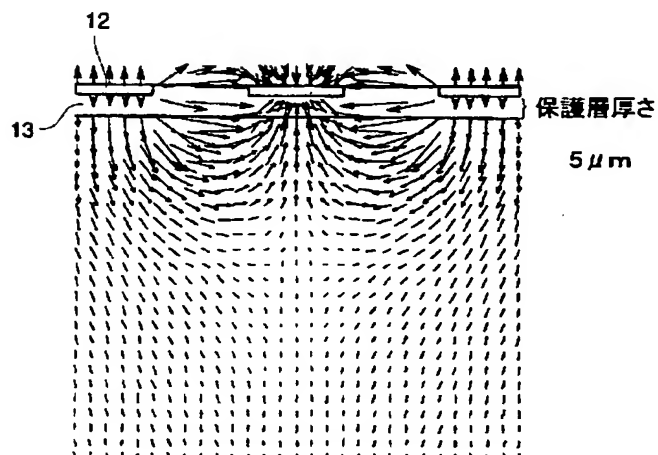
【図 37】



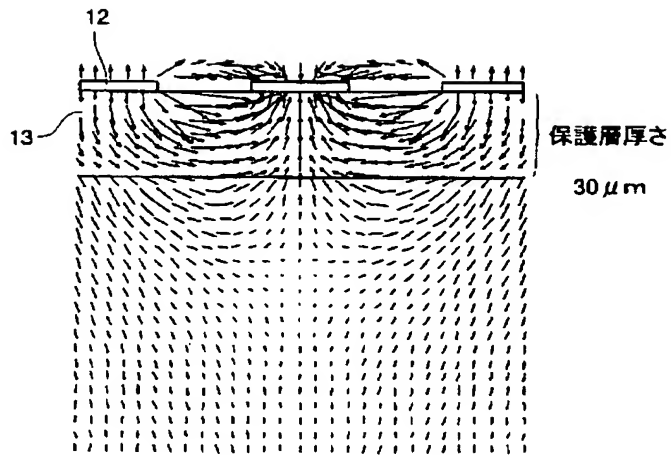
【図 38】



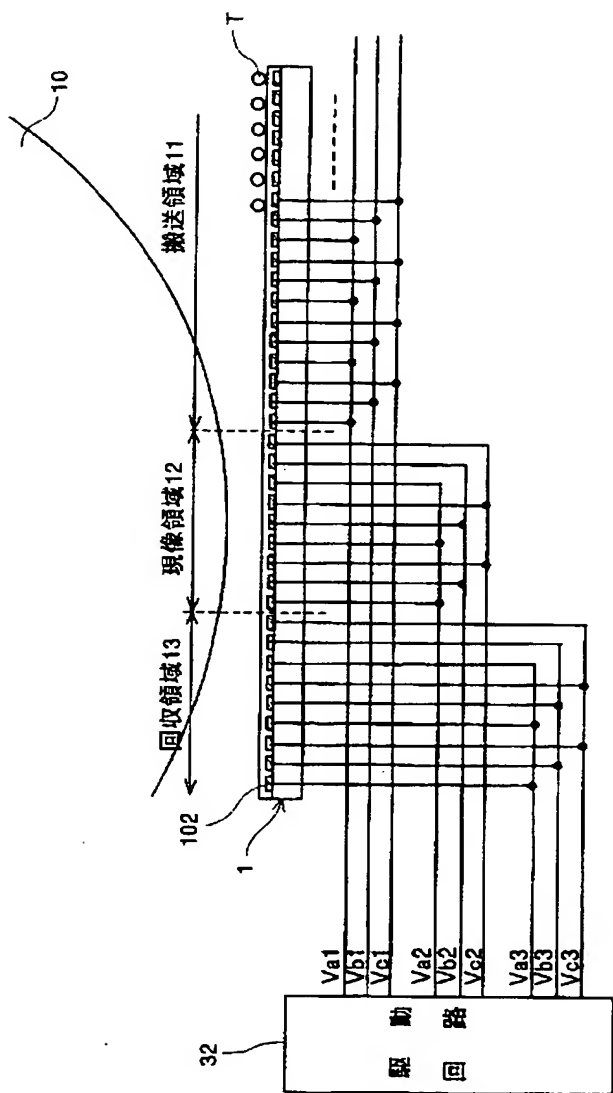
【図 39】



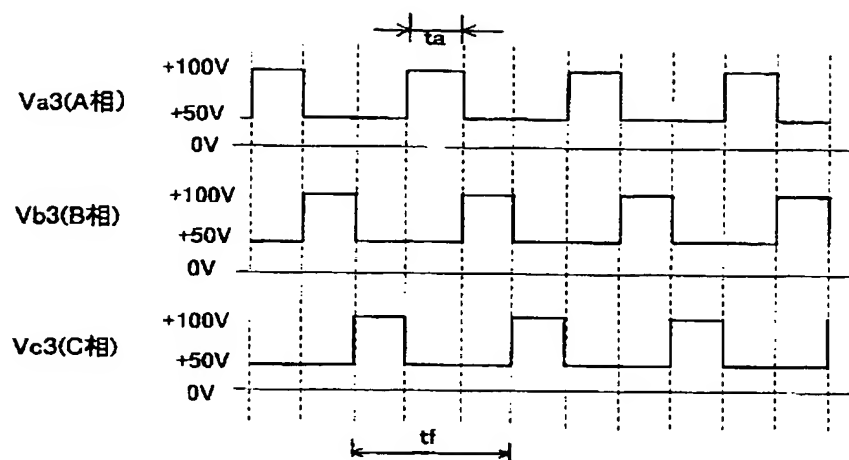
【図 40】



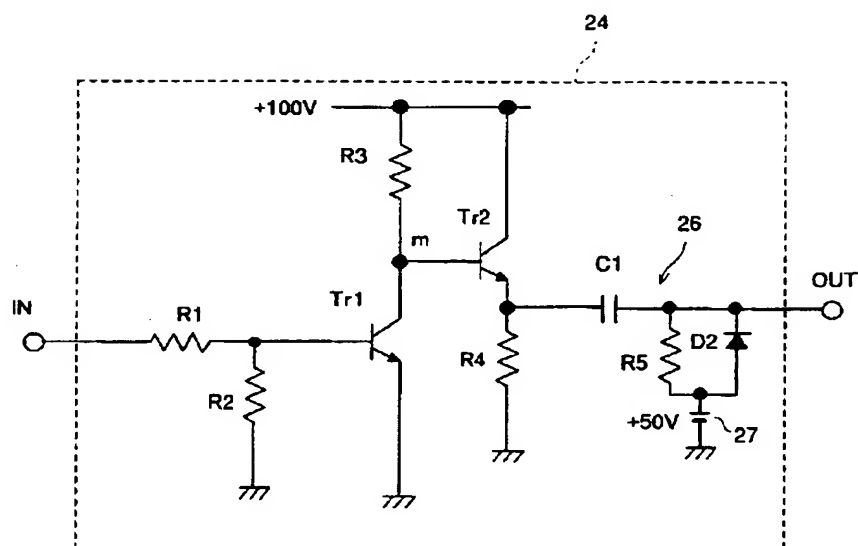
【図 41】



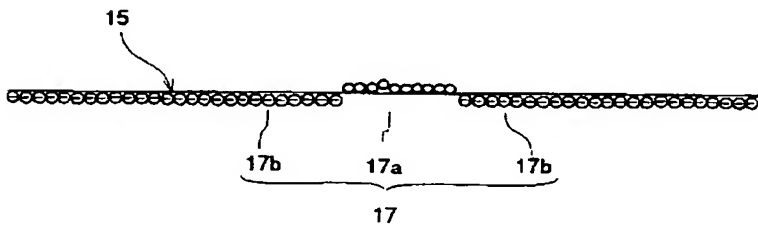
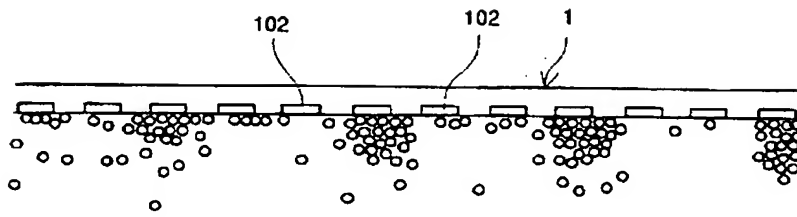
【図 4 2】



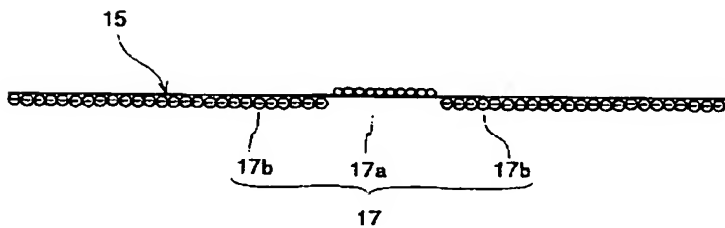
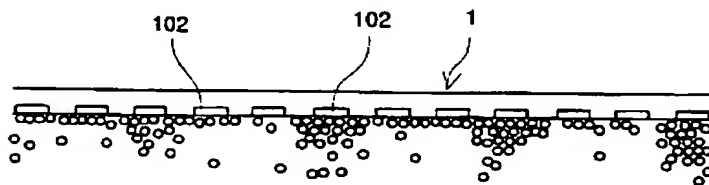
【図 4 3】



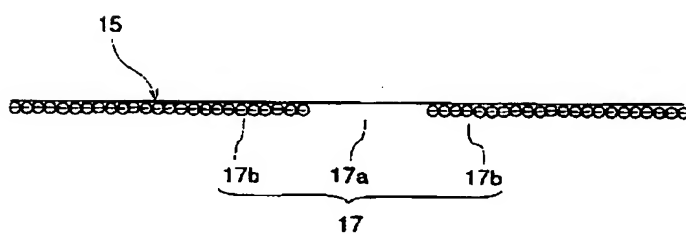
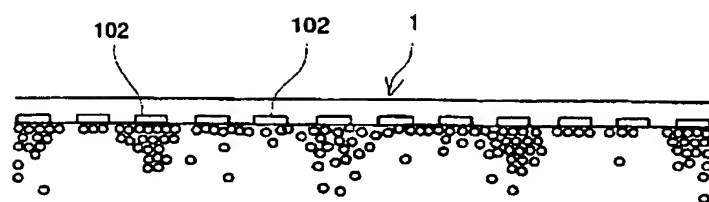
【図 4 4】



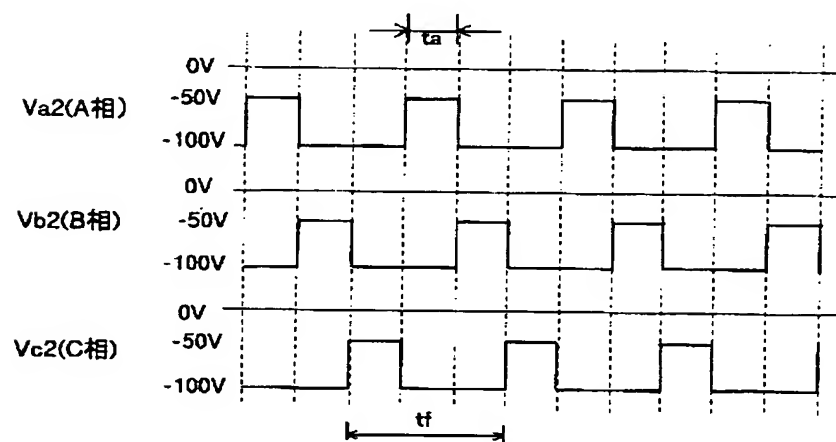
【図 4 5】



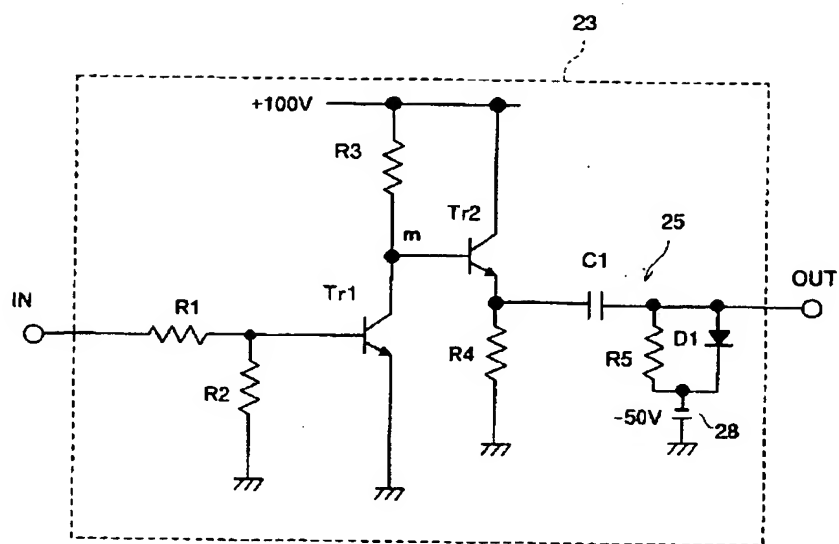
【図 46】



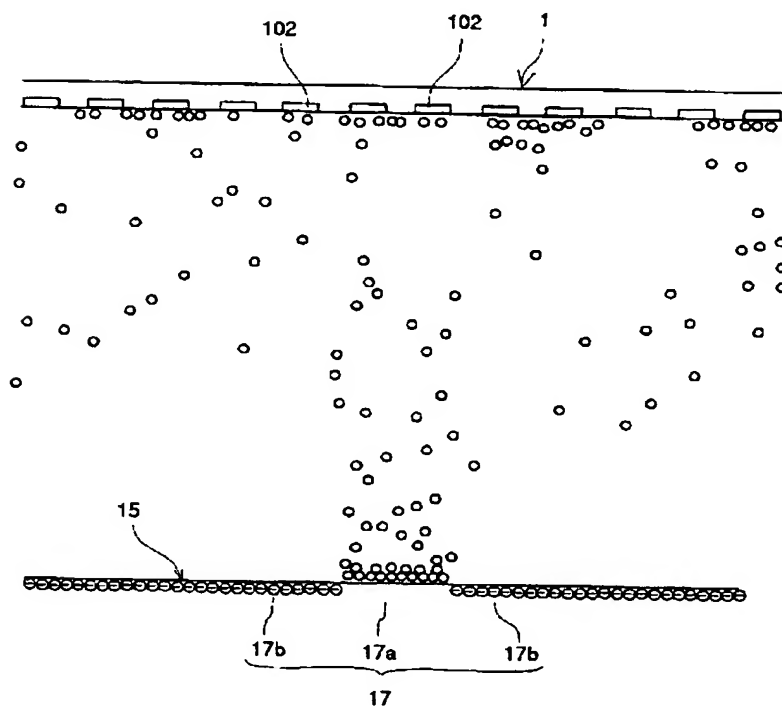
【図 47】



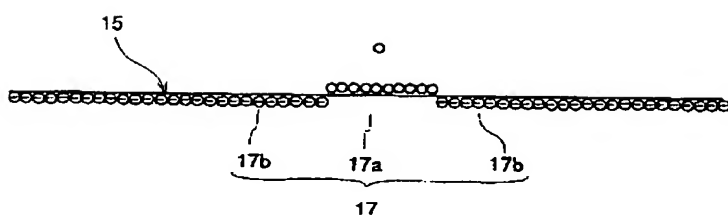
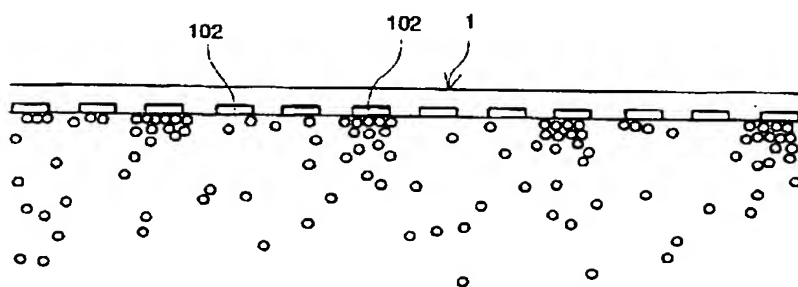
【図 48】



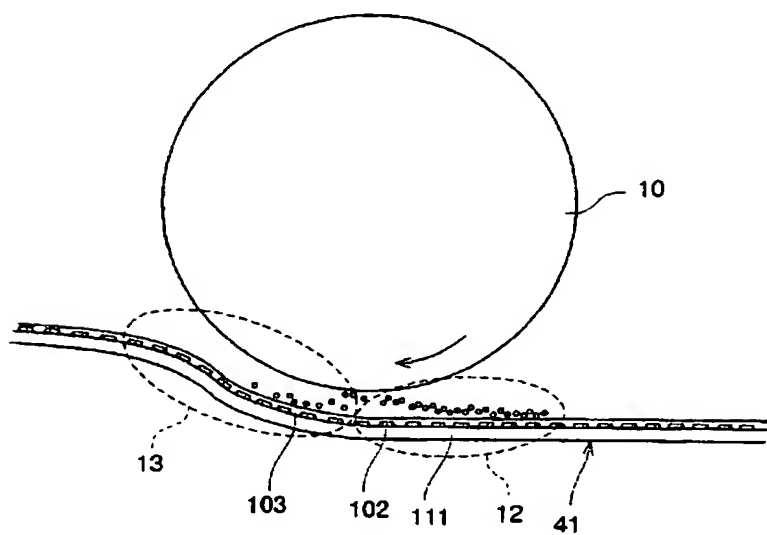
【図 49】



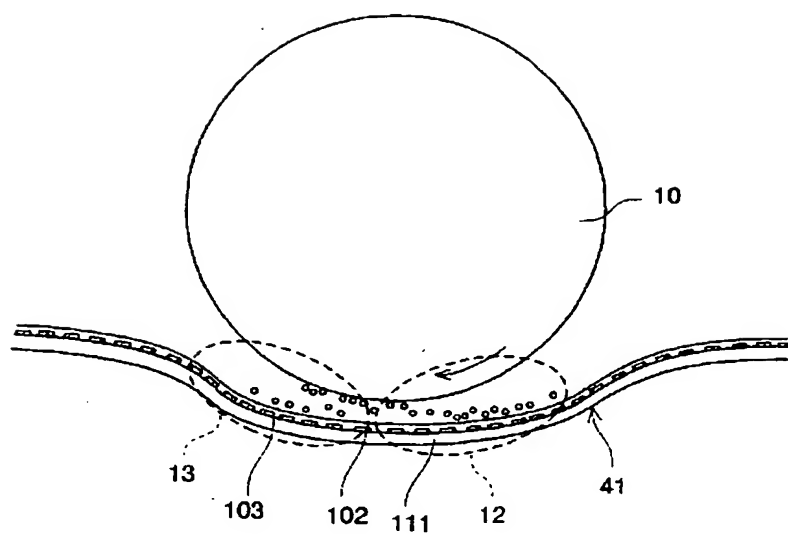
【図 50】



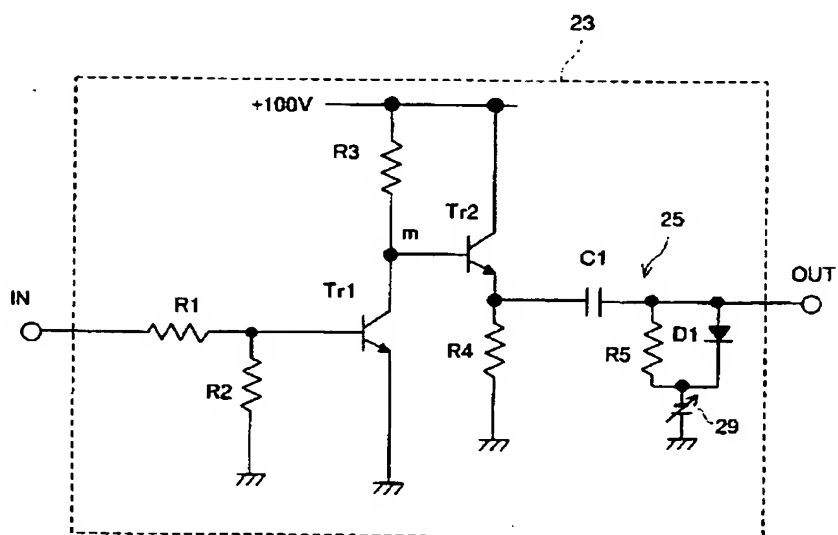
【図 51】



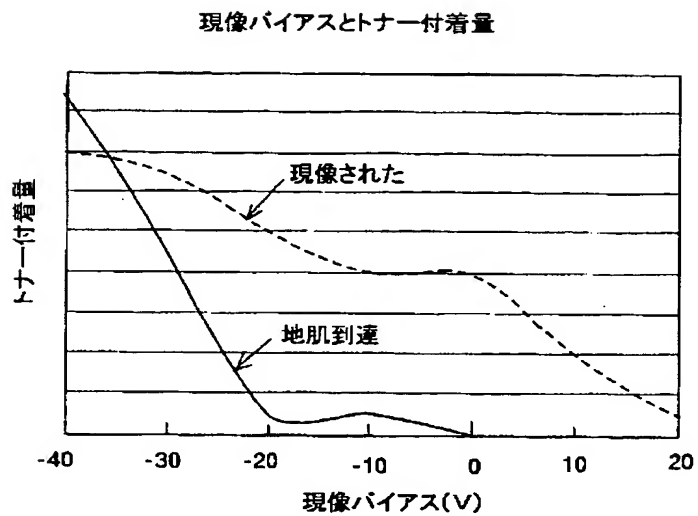
【図 52】



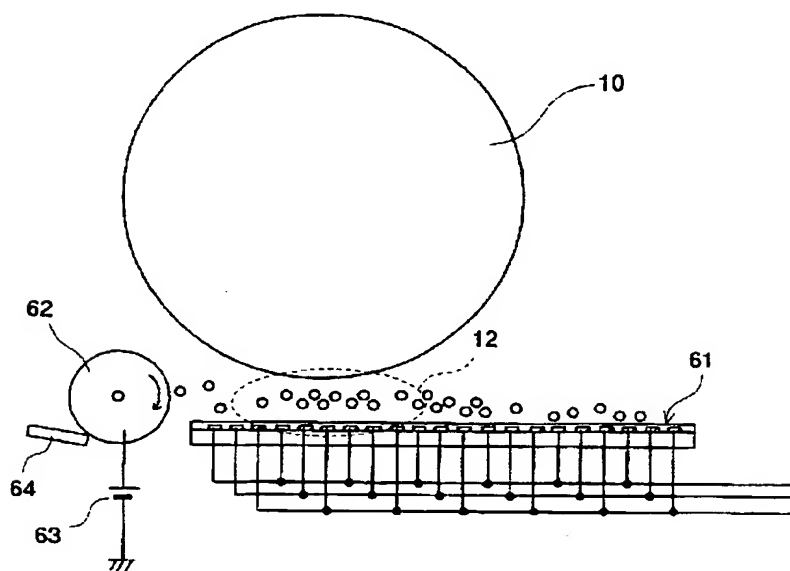
【図 53】



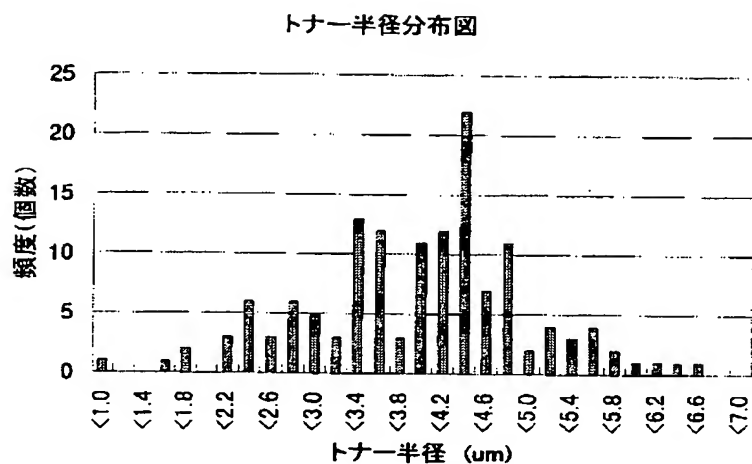
【図 54】



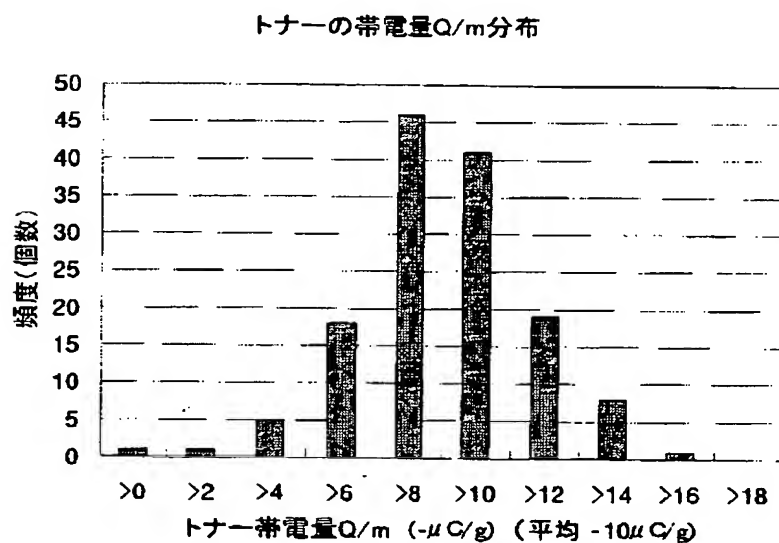
【図 55】



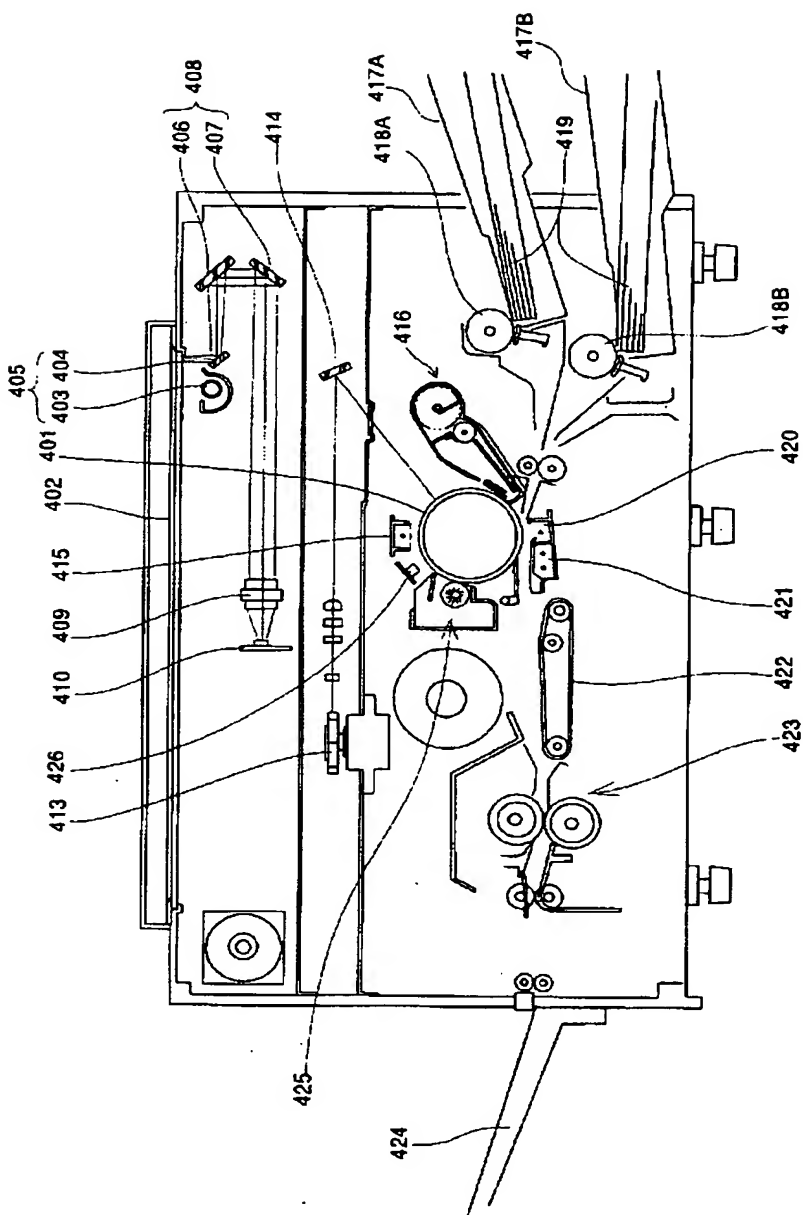
【図 56】



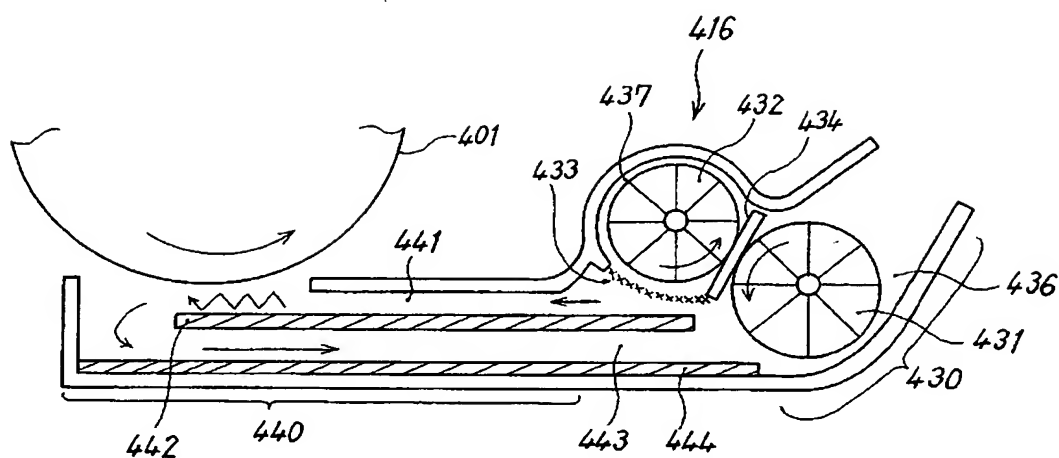
【図 57】



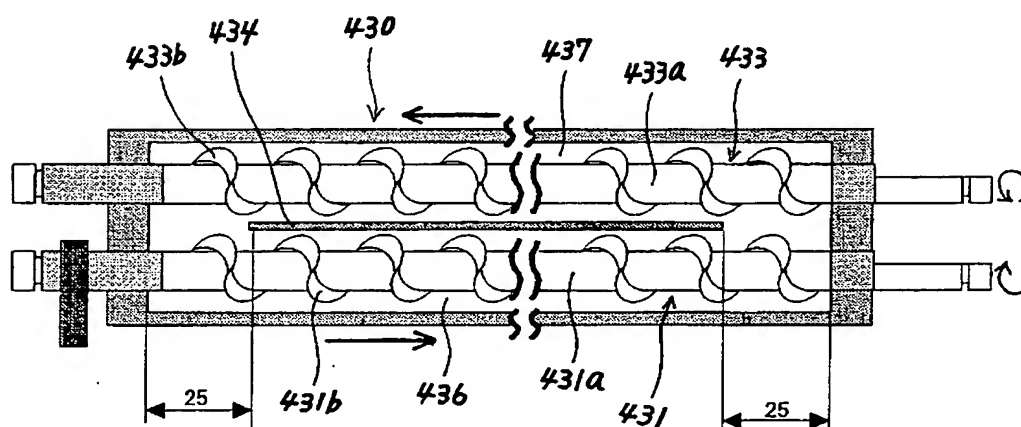
【図 58】



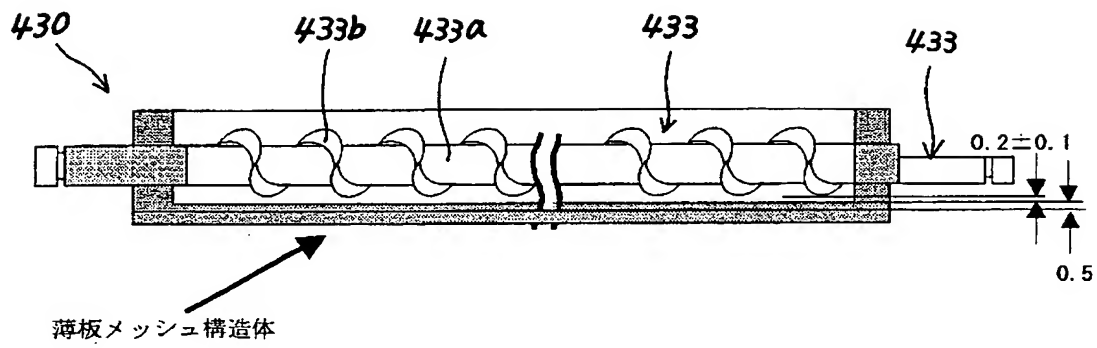
【図 59】



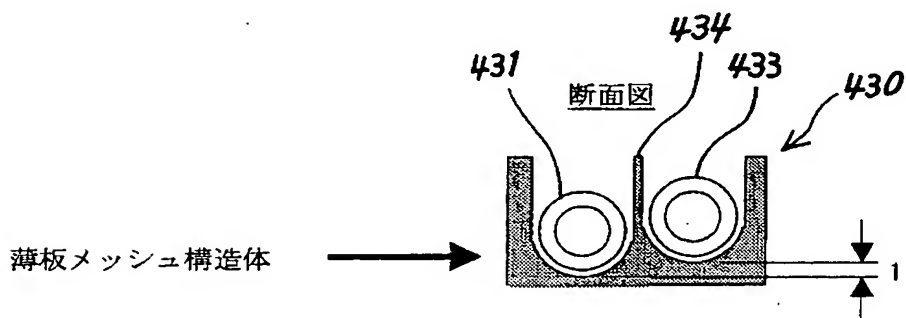
【図 60】



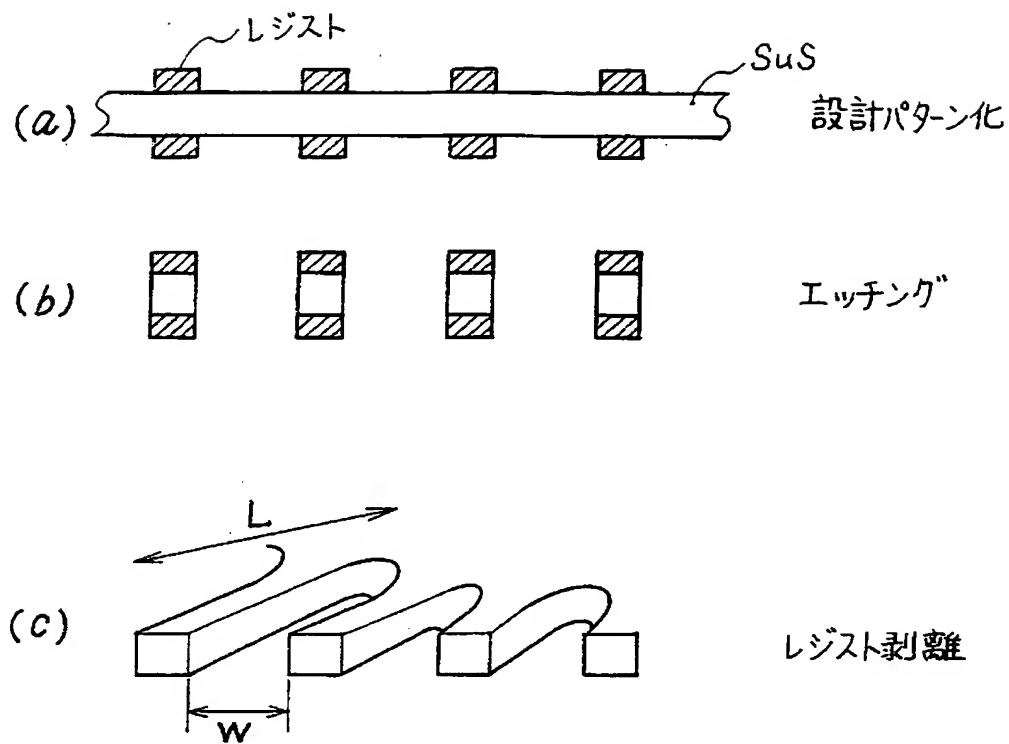
【図 6 1】



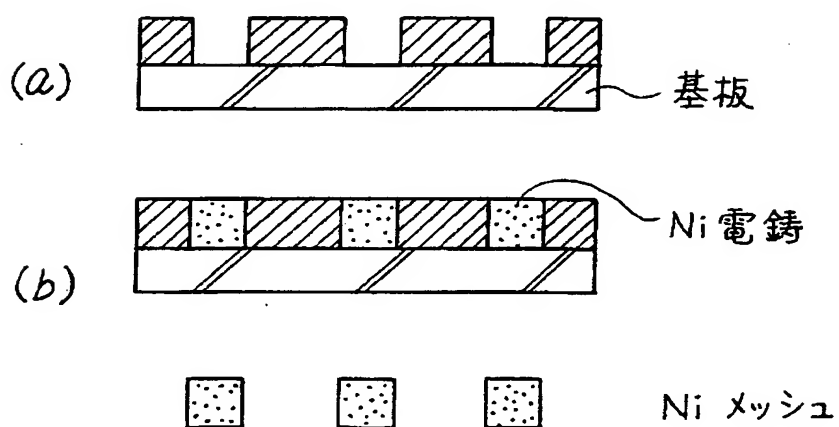
【図 6 2】



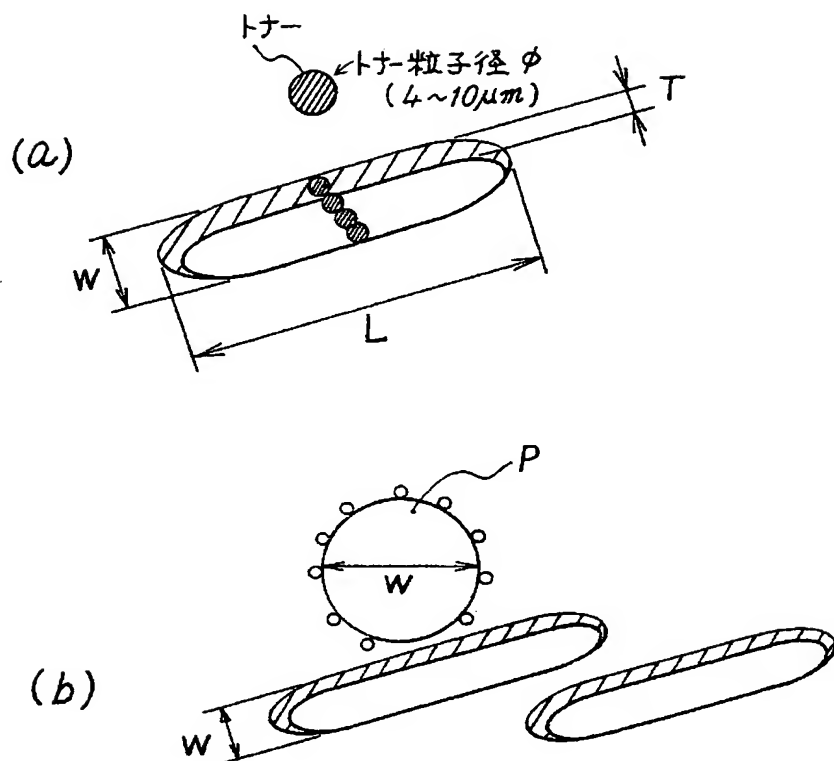
【図 6 3】



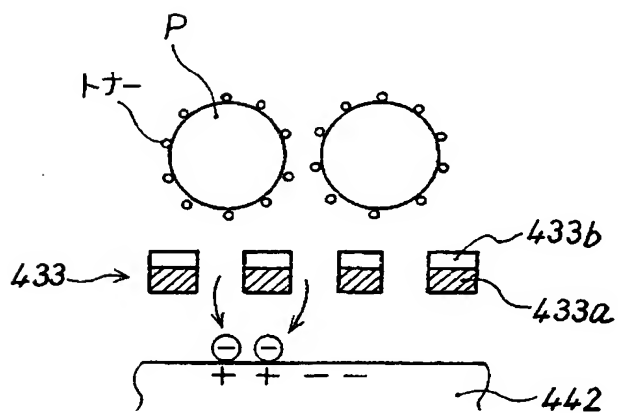
【図 6 4】



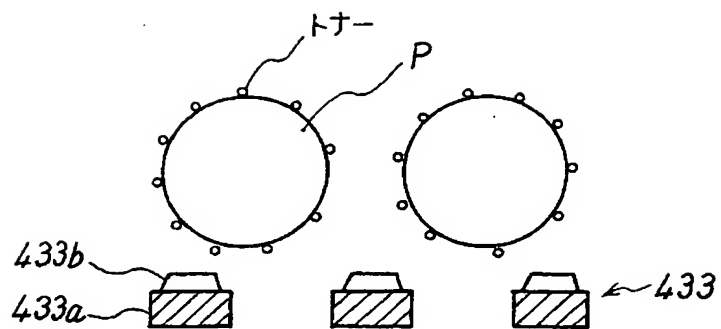
【図 65】



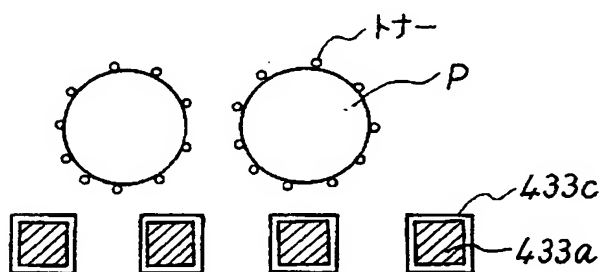
【図 66】



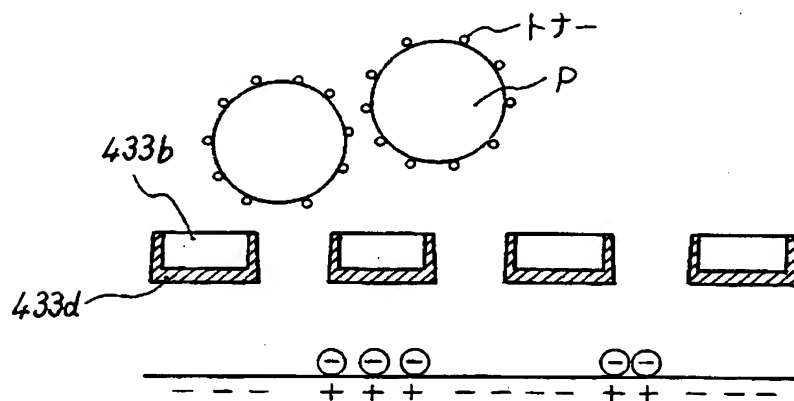
【図 67】



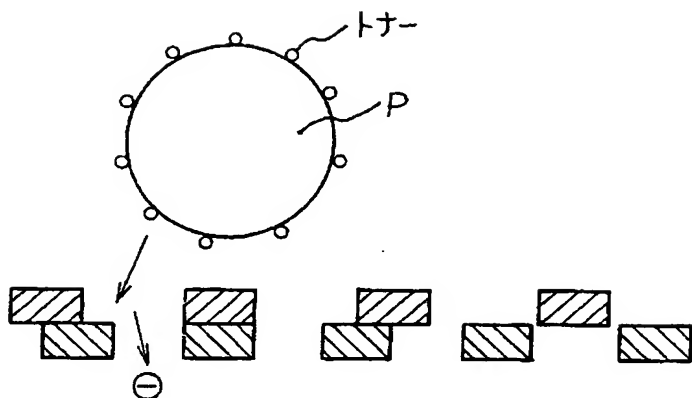
【図 68】



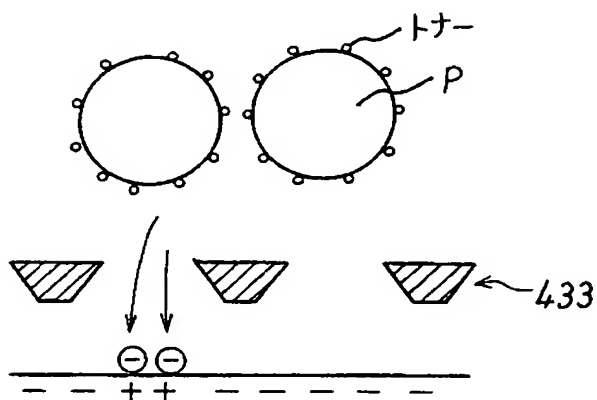
【図 69】



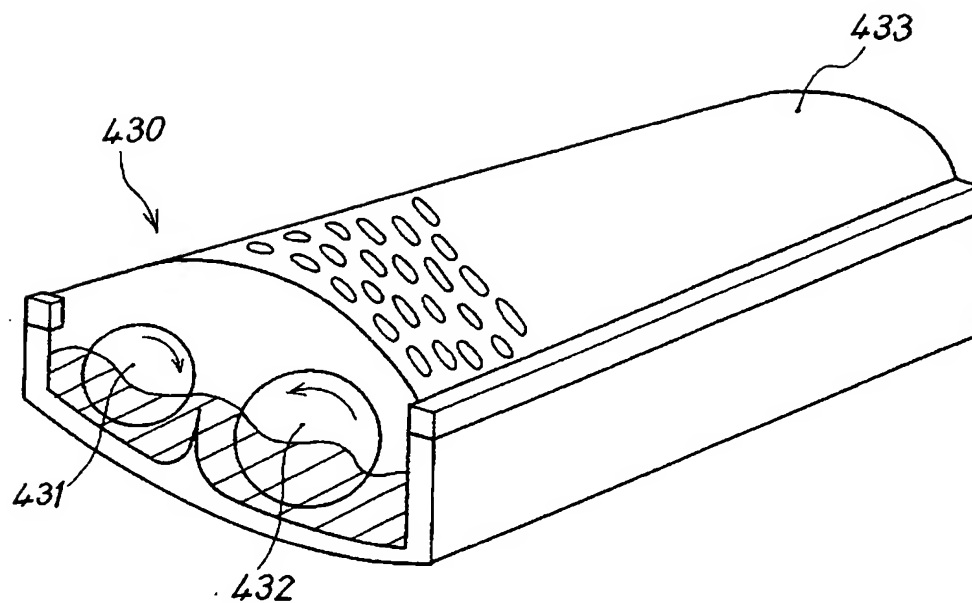
【図 70】



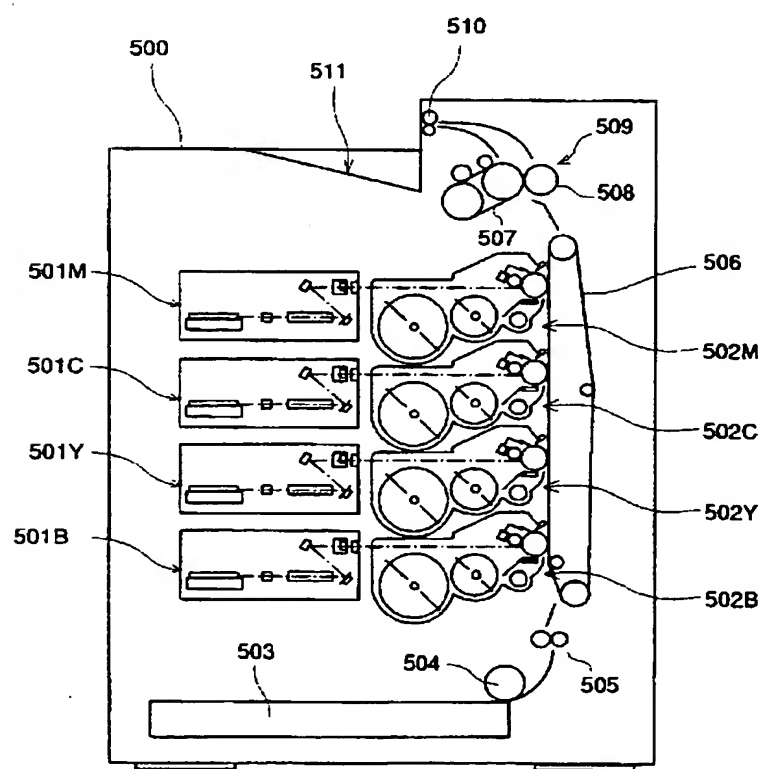
【図 71】



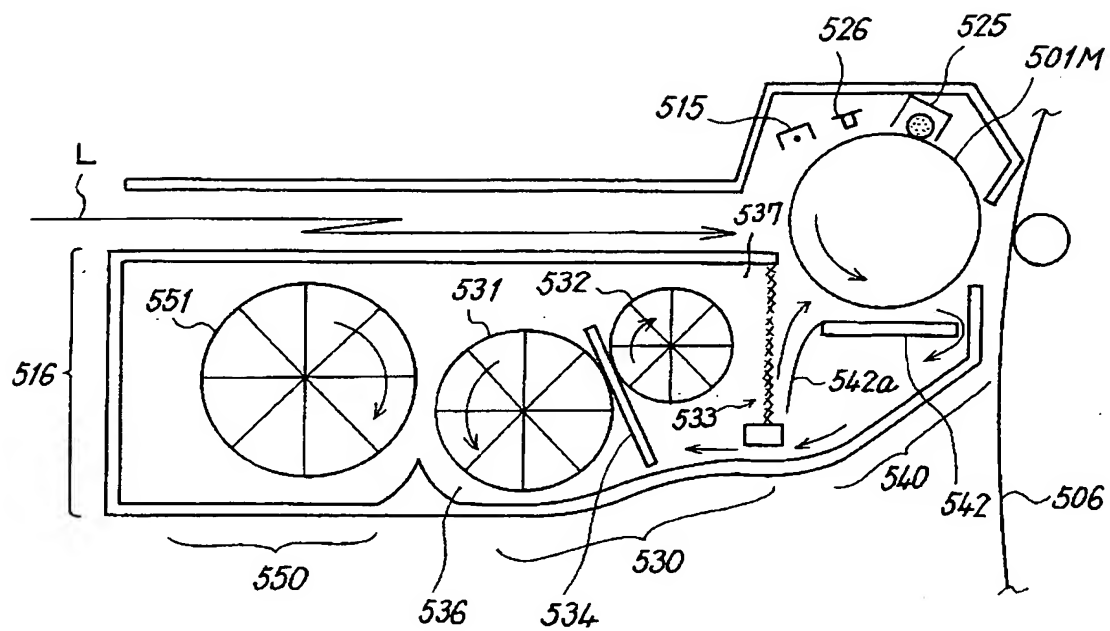
【図 7 2】



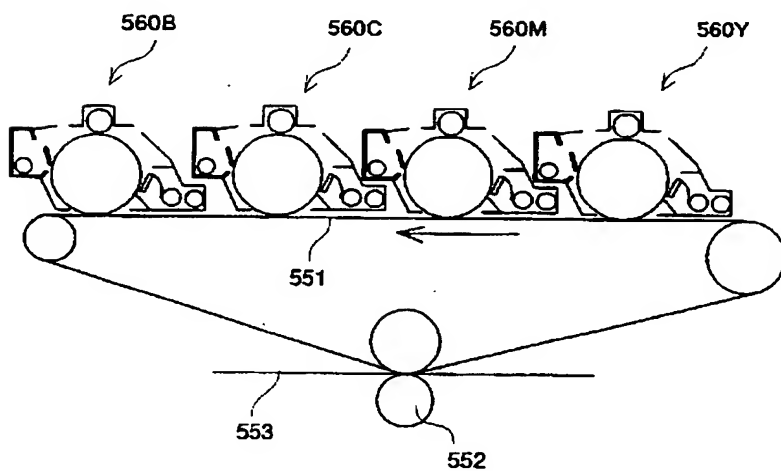
【図 7 3】



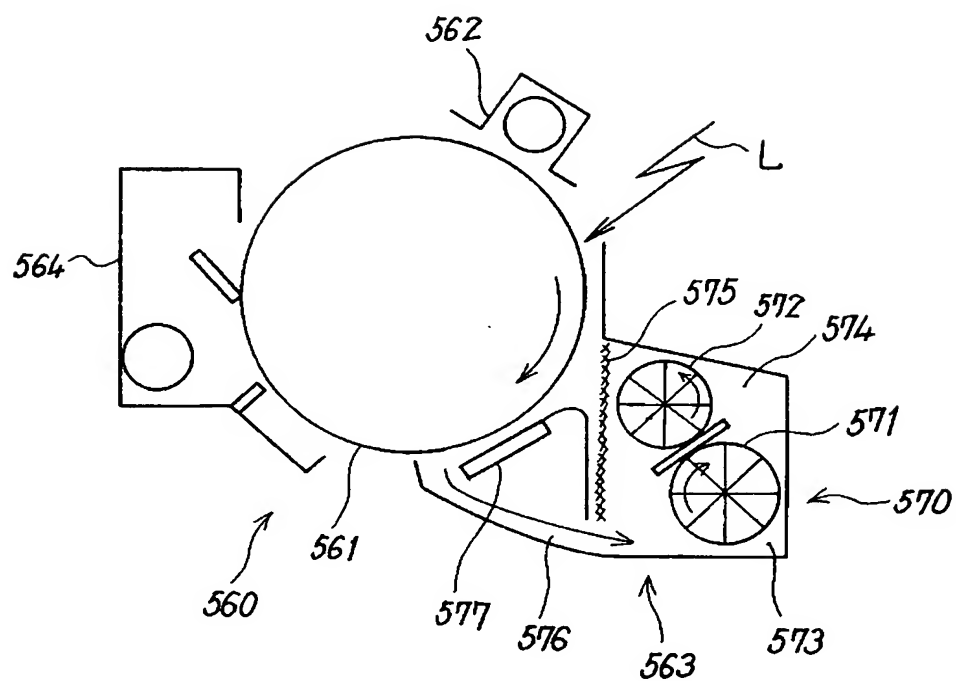
【図 7 4】



【図 7 5】



【図 76】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 E T H現象による低電位現像を実現しつつ、コロナ放電によるトナー飛散やオゾンを生ずることなく、トナーの帯電不良による悪影響を抑えることができる複写機を提供する。

【解決手段】 トナーと摩擦促進物質との混合物を収容するための第1収容室436、第2収容室437と、それぞれの内部で混合物を攪拌搬送する第1搬送スクリュウ431、第2搬送スクリュウ433と、最短径箇所がトナーの平均粒径よりも大きく且つ摩擦促進物質の平均粒径よりも小さな複数の孔によって第2収容室437の内外を連通させるメッシュ433とを備え、第2搬送スクリュウ434による攪拌搬送に伴って混合物中のトナー粒子をメッシュ433の孔から排出して、移送用静電搬送基板422に供給するトナー供給部を現像装置416に設けた。

【選択図】 図59

特願 2 0 0 3 - 0 7 9 1 3 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 6 7 4 7]

1. 変更年月日	2 0 0 2 年 5 月 1 7 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号
氏 名	株式会社リコー

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.